

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



PROYECTO FIN DE CARRERA
Ingeniería Técnica Industrial: Electrónica Industrial

Guía metodológica para el desarrollo de proyectos
de electrificación rural mediante sistemas
fotovoltaicos aislados

AUTOR: Juan José del Valle Gasanz
TUTOR: Jorge Martínez

Leganés, 28 de febrero de 2011

Agradecimientos

A mi tutor, Jorge Martínez, por su apoyo durante la realización del proyecto y su apuesta decidida por la ingeniería para el desarrollo humano.

A la Oficina de Cooperación Universitaria al Desarrollo por facilitar los medios necesarios para desarrollar este proyecto.

A Mauricio Solano y María Camino por su inestimable ayuda en los primeros pasos.

A la Fundación Ecuatoriana de Tecnología Apropiable, en concreto a Guillermo Verdesoto, que me abrió las puertas de la organización, y a Mario Brito que me introdujo en la práctica de la ingeniería.

A mis compañeros y amigos de Ingeniería Sin Fronteras y Asamblea Social Universitaria, inspiradores constantes de un mundo mejor.

A mi padre José y a mi madre Mila.

Índice general

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	15
1.1	INTRODUCCIÓN.....	15
1.2	OBJETIVOS	15
1.3	ESTRUCTURA DE LA MEMORIA.....	16
2	CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
2.1	INTRODUCCIÓN.....	19
2.2	CONTEXTO GLOBAL	19
2.2.1	<i>Pobreza</i>	<i>19</i>
2.2.2	<i>Cambio climático.....</i>	<i>20</i>
2.2.3	<i>Energía y desarrollo</i>	<i>21</i>
2.3	LA ELECTRIFICACIÓN RURAL FOTOVOLTAICA.....	22
2.4	PROBLEMÁTICA DE LOS PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL	24
2.4.1	<i>Introducción</i>	<i>24</i>
2.4.2	<i>Escasa participación de los beneficiarios en la toma de decisiones.....</i>	<i>24</i>
2.4.3	<i>Diseño, instalación o mantenimiento incorrectos.....</i>	<i>26</i>
2.4.4	<i>Sistema de gestión improvisado.....</i>	<i>26</i>
2.4.5	<i>Evaluación desaprovechada.....</i>	<i>27</i>
2.4.6	<i>Conclusión.....</i>	<i>27</i>
3	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	31
3.1	PRINCIPIOS DE LA METODOLOGÍA	31
3.2	ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA	32
3.3	DIAGNÓSTICO RURAL PARTICIPATIVO	34
3.3.1	<i>Introducción</i>	<i>34</i>
3.3.2	<i>Pre-planificación.....</i>	<i>36</i>
3.3.3	<i>Taller de planificación del DRP</i>	<i>38</i>
3.3.4	<i>Desarrollo del DRP</i>	<i>41</i>
3.3.5	<i>Estudio previo de viabilidad.....</i>	<i>43</i>
3.3.6	<i>Taller de acción.....</i>	<i>52</i>
3.3.7	<i>Informe final.....</i>	<i>53</i>
3.4	FORMULACIÓN: ESTUDIO FINAL	54
3.4.1	<i>Ingeniería de proyecto</i>	<i>54</i>
3.4.2	<i>Matriz del proyecto.....</i>	<i>59</i>
3.4.3	<i>Presupuesto definitivo y estudio económico-financiero final</i>	<i>60</i>
3.4.4	<i>Documento del proyecto.....</i>	<i>61</i>
3.5	EVALUACIÓN PARTICIPATIVA	62
3.5.1	<i>Introducción</i>	<i>62</i>
3.5.2	<i>Pre-planificación.....</i>	<i>63</i>
3.5.3	<i>Taller de planificación de la evaluación.....</i>	<i>64</i>
3.5.4	<i>Desarrollo de la Evaluación.....</i>	<i>66</i>
3.5.5	<i>Análisis final.....</i>	<i>67</i>
3.5.6	<i>Desarrollo de plan de acción.....</i>	<i>67</i>
4	EJEMPLO DE APLICACIÓN.....	71
4.1	DIAGNÓSTICO RURAL PARTICIPATIVO	71
4.1.1	<i>Pre-planificación.....</i>	<i>71</i>
4.1.2	<i>Taller de planificación del DRP</i>	<i>80</i>
4.1.3	<i>Desarrollo del DRP</i>	<i>82</i>
4.1.4	<i>Estudio previo de viabilidad.....</i>	<i>83</i>
4.1.5	<i>Taller de acción.....</i>	<i>106</i>
4.2	ESTUDIO DE VIABILIDAD FINAL.....	107
4.2.1	<i>Ingeniería.....</i>	<i>107</i>
4.2.2	<i>Estudio económico y financiero.....</i>	<i>112</i>
4.2.3	<i>Elaboración del documento de proyecto.....</i>	<i>113</i>
5	CONCLUSIONES	117

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
ANEXOS	123

Índice de figuras

Figura 1. Efectos del acceso a servicios energéticos en el desarrollo. Fuente: ISF	22
Figura 2. Ciclo del proyecto de desarrollo	32
Figura 3. Esquema de un sistema fotovoltaico básico	54
Figura 4. Lógica de la evaluación de un proyecto de desarrollo	62
Figura 5. Mapa de incidencia de la pobreza en el Ecuador	75
Figura 6. Curva de demanda para la demanda básica.....	88
Figura 7. Curva de demanda para demanda avanzada.....	89
Figura 8. Cauce del río Cube.....	90
Figura 9. Insolación global promedio anual en el Ecuador. CONELEC.....	91
Figura 10. Esquema sistema fotovoltaico individual.....	93
Figura 11. Esquema para sistema fotovoltaico centralizado.....	94
Figura 12. Costos normalizados de energía para demanda básica.	96
Figura 13. Costos normalizados de energía para demanda avanzada.....	96
Figura 14. Costos normalizados de energía para demanda avanzada.....	102
Figura 15. Costes del proyecto	113

Índice de tablas

Tabla 1. Relación de etapas y fases de la metodología	33
Tabla 2. Relación de fases y pasos de la etapa de identificación	35
Tabla 3. Herramientas del DRP	40
Tabla 4. Coeficientes de reflexión según el tipo de suelo	46
Tabla 5. Modelos de gestión para sistemas descentralizados. Fuente: DOSBE	49
Tabla 6. Esquemas de electrificación rural descentralizada. Fuente: DOSBE	50
Tabla 7. Roles y responsabilidades en modelos de gestión de servicios eléctricos	51
Tabla 8. Días de autonomía recomendados	57
Tabla 9. Matriz de proyecto	59
Tabla 10. Fases y pasos de la etapa de evaluación participativa.....	63
Tabla 11. Financiamiento de la energización rural en el Ecuador. CONELEC.....	71
Tabla 12. Análisis preliminar en Ejemplo de Aplicación.....	73
Tabla 13. Comunidades preseleccionadas para estudio de electrificación rural.....	74
Tabla 14. Indicadores demográficos por género para la parroquia Rosa Zárate.....	74
Tabla 15. Indicadores demográficos por edades en la parroquia Rosa Zárate.....	74
Tabla 16. Indicadores demográficos por raza en la parroquia Rosa Zárate.....	75
Tabla 17. Servicios básicos en la parroquia Rosa Zárate	76
Tabla 18. Indicadores educativos parroquia Rosa Zárate. SIISE.....	77
Tabla 19. Alfabetización por género en parroquia Rosa Zárate.....	78
Tabla 20. Establecimientos de salud en parroquia Rosa Zárate.....	78
Tabla 21. Actores seleccionados para el equipo DRP	79
Tabla 22. Cronograma del taller de planificación del DRP.	80
Tabla 23. Herramientas seleccionadas para guía metodológica DRP.	81
Tabla 24. Descarte de comunidades tras el taller de planificación.	81
Tabla 25. Cronograma de actividades en fase de desarrollo de DRP.....	82
Tabla 26. Demanda básica para viviendas.	84
Tabla 27. Demanda avanzada para viviendas.	84
Tabla 28. Demanda para escuela.	85
Tabla 29. Demanda para casa comunal.	85
Tabla 30. Demanda para posta de salud.	85
Tabla 31. Demanda para bar.	85
Tabla 32. Demanda para carpintería.....	86
Tabla 33. Resumen de demandas por uso.....	87
Tabla 34. Recurso solar en comunidad 24 de Mayo.	90
Tabla 35. Costos normalizados de energía	96
Tabla 36. Análisis de impacto social	98
Tabla 37. Gasto mensual familiar según demanda y tecnología.....	99
Tabla 38. Financiación por vivienda o servicio para nuevos proyectos. CONELEC	100
Tabla 39. Estructura de financiación por tecnología para demanda básica.	100
Tabla 40. Estructura de financiación por tecnología para demanda avanzada.	101
Tabla 41. Actores y compromisos	103
Tabla 42. Comparativa entre distintas opciones de electrificación.	105
Tabla 43. Plan de acción servicio eléctrico comunidad 24 de Mayo.	106
Tabla 44. Equipamiento por sistema fotovoltaico según servicio.....	111
Tabla 45. Equipamiento por sistema fotovoltaico según servicio.....	112
Tabla 46. Presupuesto total.	112

Formatos de trabajo

Ficha de trabajo 1. Análisis preliminar.....	36
Ficha de trabajo 2. Diseño del proceso de diagnóstico.....	41
Ficha de trabajo 3. Identificación de consumos	42
Ficha de trabajo 4. Identificación de servicios energéticos	42
Ficha de trabajo 5. Identificación de necesidades energéticas	43
Ficha de trabajo 6. Demanda energética en viviendas.....	44
Ficha de trabajo 7. Demanda energética en servicios comunitarios.....	44
Ficha de trabajo 8. Perfil horario de la demanda.....	45
Ficha de trabajo 9. Evaluación del recurso solar para sistema fotovoltaico	45
Ficha de trabajo 10. Comparativa de alternativas tecnológicas	46
Ficha de trabajo 11. Plan de acción de desarrollo comunitario.....	53
Ficha de trabajo 12. Preguntas orientadoras, indicadores, fuentes y técnicas	65

Resumen

1.400 millones de personas no tienen acceso al servicio eléctrico en el año 2010, siendo aquellas personas que viven en entornos rurales de países en desarrollo las que mayor dificultad tienen para acceder al mismo. Las enormes inversiones necesarias para su despliegue y el reducido poder adquisitivo de las familias rurales no son rentables económicamente para una empresa eléctrica nacional o privada. Ante este problema son muchas las iniciativas que persiguen ofrecer un servicio eléctrico sostenible mediante la dotación de sistemas solares fotovoltaicos, que revisten notables ventajas como la alta disponibilidad de funcionamiento, la sencillez en el mantenimiento y el bajo porcentaje de averías. Sin embargo los proyectos ejecutados hasta el momento han presentado un alto porcentaje de fracasos, resultando en muchas ocasiones en la pérdida del servicio por falta de mantenimiento, por la no participación de los beneficiarios en la gestión de los sistemas o bien por una equivocada formulación desde el principio del proyecto.

Teniendo en cuenta que la inversión económica en este tipo de proyectos es muy elevada y los recursos de los países en desarrollo son escasos, resulta necesario mejorar la eficacia de este tipo de intervenciones de desarrollo.

En este contexto, el presente proyecto de fin de carrera pretende proponer una metodología que pueda servir de referencia en la planificación y gestión de proyectos de electrificación rural con sistemas fotovoltaicos individuales. Para ello se incorporarán de forma sistemática, por primera vez en proyectos de electrificación rural, una serie de métodos y herramientas de carácter social con un enfoque participativo que han demostrado en los últimos años buenos resultados en proyectos de otros ámbitos como salud, comunicación o fortalecimiento de la organización comunitaria.

A modo de ejemplo, se aplicará la metodología propuesta a un caso real. Asimismo, en los anexos se presentan una serie de formatos que pueden ser utilizados por los técnicos de este tipo de proyectos de desarrollo.

Palabras clave:

Electrificación rural, sistemas fotovoltaicos, metodología, enfoque participativo

Capítulo 1

Introducción y objetivos

1 Introducción y objetivos

1.1 Introducción

Este proyecto ha sido posible gracias a la colaboración y patrocinio de la Oficina de Cooperación Universitaria al Desarrollo (OCUD) de la Universidad Carlos III de Madrid y de la Fundación Ecuatoriana de Tecnología Apropiable (FEDETA).

El presente proyecto pretende satisfacer dos de las funciones que, según la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE), la universidad española juega en cooperación al desarrollo:

- Contribuir a la investigación para el desarrollo, en especial a la investigación sobre el propio desarrollo y los métodos de la cooperación.
- Incidir en el entorno social, especialmente en los agentes de la cooperación gubernamental y no gubernamental, aportando nuevos enfoques y contribuyendo a la mejora de la formación de su personal en cuanto a métodos y teoría de la cooperación.

La documentación para la elaboración del presente proyecto ha incluido:

- a. Estudios sobre el terreno en Ecuador:
 - **Primera Visita:** 5 semanas de trabajo en 2008 en la Fundación Ecuatoriana de Tecnología Apropiable (FEDETA) desarrollando estudios de electrificación rural con sistemas fotovoltaicos.
 - **Segunda Visita:** 12 meses de trabajo de campo del 2008 al 2009 en Ecuador como técnico de proyectos en FEDETA desarrollando estudios de electrificación rural con sistemas fotovoltaicos, evaluación y ejecución de proyectos.
- b. Bibliografía

1.2 Objetivos

El objetivo principal del presente proyecto es contribuir al desarrollo y mejora de los servicios básicos de las comunidades rurales en los países en vías de desarrollo mediante el fortalecimiento de sus capacidades organizativas y la provisión sostenible (social, económica y medioambientalmente) del servicio eléctrico.

Para ello se plantea como objetivo específico el diseño de una metodología con un enfoque participativo que permita garantizar el involucramiento de la población beneficiaria en la autogestión de su propio desarrollo y la sostenibilidad de los proyectos de provisión del servicio eléctrico mediante sistemas solares fotovoltaicos individuales.

La metodología desarrollada pretende ser universal, flexible y aplicable mediante mínimas modificaciones a cualquier otro proyecto de electrificación rural que haga uso de sistemas solares fotovoltaicos aislados.

1.3 Estructura de la memoria

Para facilitar la lectura de la memoria, se incluye a continuación un breve resumen de cada capítulo:

Caracterización del problema

Se introduce el contexto del proyecto en el año 2010: la crisis de la pobreza, la crisis del cambio climático y la situación del servicio eléctrico en las zonas rurales. Se enumeran los problemas comunes que caracterizan los proyectos y programas de electrificación rural, factores técnicos y sociológicos, y se reflexiona sobre las causas de dichos problemas.

Descripción de la metodología propuesta

Como solución al problema de la alta incidencia de fracasos en proyectos de electrificación rural, se propone una metodología sistemática que incorpora como elementos innovadores una identificación, formulación, ejecución y evaluación realizada por los propios beneficiarios, que se convierten así en promotores y protagonistas de su propio desarrollo. Los tradicionales técnicos de desarrollo se convierten así en *facilitadores* de desarrollo mediante la incorporación del diagnóstico rural participativo, el análisis y la formulación de un plan de acción comunitario, la ejecución desarrollada por los propios beneficiarios, la evaluación participativa y la constante capacitación y fortalecimiento de las capacidades de los beneficiarios.

Ejemplo de aplicación

La metodología del presente proyecto se ha desarrollado y puesto en práctica parcialmente en el Ecuador, siendo las comunidades beneficiarias pertenecientes a la provincia de Esmeraldas, en la región de Quinindé. Pretende por tanto, este capítulo servir como ejemplo de aplicación de la metodología que se explica de forma teórica en el capítulo anterior.

Conclusiones

Se reflexiona sobre la consecución de los objetivos propuestos en el proyecto, así como de las futuras líneas de trabajo.

Capítulo 2

Caracterización del problema

2 Caracterización del problema

2.1 Introducción

En 2010 se estima que 1.400 millones de pobladores del mundo no tienen acceso al servicio eléctrico [1]. Dicha población vive en su gran mayoría en los países en desarrollo y especialmente en las zonas rurales aisladas.

Instituciones como el Consejo Mundial de la Energía, el Banco Mundial y Naciones Unidas consideran que el acceso de los pobres a los servicios básicos de energía es uno de los factores más importantes para contribuir a la reducción de la pobreza, entre otras razones porque la energía contribuye también al acceso y/o a la mejora de otros servicios básicos, como agua potable, salud, educación, comunicaciones y otros.

2.2 Contexto global

2.2.1 Pobreza

Se calcula que en el año 2010, 1200 millones de personas viven en condiciones de ‘pobreza extrema de consumo’ (viven con menos de US\$1,25 al día). Más de dos tercios de ellos se encuentran en Asia (la mitad en Asia meridional) y la cuarta parte en el África subsahariana. Además, tres cuartas partes de los pobres viven y trabajan en las zonas rurales y se prevé que bastante más de la mitad seguirán en esa situación en el año 2025. Unos 1.000 millones de personas carecen de agua potable; 1.400 millones de electricidad, y 3.000 millones de servicios de saneamiento adecuados [17].

La reducción de la pobreza y el desarrollo sostenible siguen siendo una prioridad fundamental en el plano internacional. En el año 2000 los dirigentes del mundo, en el marco de Naciones Unidas, acordaron una alianza mundial para reducir los niveles de extrema pobreza estableciendo una serie de objetivos con la intención de reducir la pobreza, el hambre, la mortalidad materna e infantil, las enfermedades, la falta de viviendas adecuadas, la desigualdad de género y la degradación medioambiental antes del año 2015.

10 años después, en el año 2010, se han producido notables avances en ciertos objetivos mientras que en otros se ha avanzado lentamente o incluso se han producido retrocesos significativos principalmente motivados por el incumplimiento de los compromisos adoptados en materia de financiamiento.

Se han registrado avances significativos en la escolarización infantil, el total de niños que no finalizan la escuela decreció de 106 millones en 1999, a 69 millones en 2008. La mortalidad infantil se ha reducido de 12 millones y medio de muertes en 1990 a 8,8 millones en 2008.

En 2005-2007, el último período evaluado, 830 millones de personas seguían con nutrición insuficiente, cantidad mayor que los 817 millones de personas en esa situación en 1990-1992 [20].

Sin embargo, todos estos esfuerzos por combatir la pobreza pueden ser minados por la crisis económica global, la creciente escasez de recursos naturales y los efectos del cambio climático.

2.2.2 Cambio climático

Según el comité de expertos del Panel Intergubernamental del Cambio Climático, el calentamiento global ya es inequívoco. Las temperaturas han aumentado 0,74°C en el mundo desde el comienzo de la era industrial y la tasa de aumento se está acelerando. Existen pruebas científicas abrumadoras de que dicho aumento está vinculado con el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera de la Tierra [16].

El aumento futuro proyectado durante los próximos 100 años debido al crecimiento de las emisiones podría representar un calentamiento del planeta de 5°C con respecto al período preindustrial.

El cambio climático amenaza al mundo entero, pero los países en desarrollo son los más vulnerables. Según las estimaciones, soportarán aproximadamente entre el 75% y el 80% del costo de los daños provocados por la variación del clima. Incluso un calentamiento de 2°C por encima de las temperaturas preindustriales —probablemente lo mínimo que padecerá el planeta— podría generar en África y Asia meridional una reducción permanente del producto interno bruto (PIB) de entre el 4% y el 5% [13]. Son cinco los mecanismos a través de los cuales el cambio climático puede paralizar y luego revertir el desarrollo humano:

- **Producción agrícola y seguridad alimentaria.** El cambio climático afectará las precipitaciones, las temperaturas y el agua disponible para actividades agrícolas en zonas vulnerables provocando pérdidas en la productividad agrícola. Las cifras de aquellos afectados por la desnutrición podrían aumentar a 600 millones del 2010 al año 2080.
- **Estrés por falta de agua e inseguridad de agua.** Los cambios en los patrones de escorrentía y el derretimiento de glaciares aumentarán el estrés ecológico, haciendo peligrar el agua para fines de riego y asentamientos humanos. 1.800 millones de personas podrían habitar en zonas con escasez de agua en 2080.
- **Aumento en el nivel del mar y exposición a desastres meteorológicos.** Los niveles del mar podrían aumentar rápidamente con la desintegración de los mantos de hielo. El aumento de la temperatura mundial en 3°C o 4°C podría desembocar en el desplazamiento de 330 millones de personas a causa de las inundaciones y en el aumento de la vulnerabilidad de 1.000 millones de personas que viven en tugurios ubicados en laderas inestables o en riberas proclives a las inundaciones.
- **Ecosistemas y biodiversidad.** El cambio climático ya está transformando los sistemas ecológicos en océanos, glaciares y superficie terrestre amenazando a los ecosistemas y abocando a muchas especies a la extinción.
- **Salud humana.** Las principales epidemias mortales aumentarán su extensión afectando especialmente a los países en desarrollo debido a los altos niveles de pobreza y la poca capacidad de respuesta de los sistemas de salud pública.

A finales de 2009, en la XV Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático (COP15) en la ciudad de Copenhague se trabajó en el objetivo de aprobar y ratificar las

medidas necesarias para sustituir el Protocolo de Kioto en 2012. El Acuerdo de Copenhague estableció que los países industrializados se comprometían a adoptar objetivos nacionales de reducción de emisiones para 2020 sobre la base de compromisos individuales de cada país. El acuerdo mantiene el objetivo de que la temperatura global no suba más de dos grados centígrados y compromete a los países desarrollados a destinar un fondo de 30.000 millones de dólares americanos para 2010-2012, con prioridad para los países más vulnerables. Además, los países desarrollados apoyarán el objetivo de movilizar conjuntamente 100.000 millones de dólares al año para 2020 para reducción de emisiones, protección de bosques y adaptación en países en desarrollo.

2.2.3 Energía y desarrollo

En el año 2010 se calcula que 1400 millones de personas - más de la quinta parte de la población mundial - carecen todavía de acceso a la electricidad. Aproximadamente el 85% de esas personas vive en zonas rurales, principalmente en el África subsahariana y en Sudasia. Esto significa que estas personas no disponen de iluminación eléctrica, telecomunicaciones o potencia mecánica, dependiendo completamente de combustibles tradicionales como leña, carbón vegetal, residuos agrícolas y ganaderos para satisfacer sus necesidades energéticas. Extender el acceso a la energía moderna es una condición necesaria para el desarrollo humano. Con las debidas políticas, el acceso universal a la electricidad podría alcanzarse con una inversión mundial adicional de 35.000 millones anuales de USD (en USD de 2008) hasta 2030. El consiguiente incremento de la demanda de energía primaria y de emisiones de CO₂ sería muy modesto. Sin embargo, las previsiones de la Agencia Internacional de la Energía, en un escenario optimista, estima que en el año 2030 aún habrá 1200 millones de personas sin acceso al servicio eléctrico, siendo el 87% habitantes de zonas rurales [1].

Las razones que afectan al proceso de electrificación rural en el mundo y que hacen tan lenta su solución guardan una importante relación con la pobreza del propio país, que no tiene recursos suficientes para satisfacer los servicios básicos que requiere la ciudadanía. Pero además el entorno rural reúne unas características que dificultan aún más la dotación del servicio eléctrico tal como se describe a continuación.

El entorno rural se caracteriza por cierto grado de inaccesibilidad que encarece especialmente las opciones tradicionales de electrificación como la extensión de red eléctrica, dificultando y encareciendo también el mantenimiento de dichas líneas. No es, por tanto, la extensión de la red una solución adecuada para estas zonas.

Por otro lado, se trata de un mercado pobre y disperso, con necesidades energéticas muy pequeñas que no superan la iluminación básica y el uso de pequeños televisores y/o pequeñas radios; excepto un porcentaje muy reducido que cuenta con algunos artefactos eléctricos.

A ello hay que añadir que los ingresos de las familias en zonas rurales suelen ser muy bajos, concentrándose la pobreza extrema en las zonas rurales. Esto explica que incluso en zonas donde llega la electricidad, las familias no tienen recursos para poder pagar la conexión y el consumo de la misma. De ahí que cobertura eléctrica no sea un indicador suficiente para evaluar la disponibilidad del servicio eléctrico familiar.

Por estos tres motivos, inaccesibilidad, bajo consumo y baja capacidad de pago, se trata de un mercado poco o nada rentable para las empresas dedicadas al negocio de la energía eléctrica. La consecuencia es que no es un servicio que se pueda dejar en manos del libre mercado [22].

Un enfoque adecuado de la electrificación rural considera que se debe abastecer a las comunidades rurales de servicios energéticos, no tan sólo de infraestructuras energéticas. *Un servicio energético es aquella función para la que se necesita la energía y de cuya consecución se deriva la necesidad de las personas de disponer de energía* [22]. Se distingue entre servicios energéticos domésticos, productivos, de movilidad y transporte y de servicios públicos.

Un aumento en el acceso a servicios energéticos supone un paso importante en la lucha contra la pobreza puesto que contribuye a:

- Aumentar la productividad, generar ingresos extra y nuevos servicios y actividades económicas
- Mejorar los servicios educativos con la incorporación de TICs en el aula para alumnos y docentes y la posibilidad de aprovechar las horas nocturnas para estudiar o impartir clases
- Mejorar la salud, mediante la mejora del equipamiento de los centros de salud (refrigeración de vacunas, equipos de esterilización, iluminación para intervenciones médicas, etc.) y el acceso al agua potable (bombeo de agua)



Figura 1. Efectos del acceso a servicios energéticos en el desarrollo. Fuente: ISF

2.3 La electrificación rural fotovoltaica

Entre las diversas alternativas tecnológicas existentes para la electrificación rural, la fotovoltaica se considera como una tecnología apropiada para sistemas de generación descentralizada. Puede ser aplicada fundamentalmente en servicios comunitarios (bombeo de agua, electrificación de centros de salud, escuelas o centros comunitarios, etc.) y servicios domésticos. No resultan convenientes para servicios energéticos productivos que requieran de grandes consumos o bien para usos domésticos como cocina o agua caliente sanitaria.

En aplicaciones domésticas destacan los denominados sistemas fotovoltaicos individuales, solar home systems (SHS), para aquellos sistemas de 40-50W, que permiten dotar de energía suficiente para alimentar pequeñas cargas de iluminación y aparatos caseros como televisión, radio, cargador de pilas o de teléfono. Este tipo de sistemas se encontraba presente en el año 2000 en 1,3 millones de hogares en todo el mundo.

En general, se trata de sistemas formados por unos paneles fotovoltaicos que generan electricidad cuando incide la radiación solar en los mismos, un acumulador para poder almacenar el excedente de energía generada y utilizarla cuando sea necesaria y un regulador que controla el buen funcionamiento del acumulador. Las tensiones típicas son de 12V-24V en continua, si bien se puede incorporar al sistema un inversor que transforme la corriente continua en alterna.

Existen sistemas fotovoltaicos centralizados que permiten construir microrredes para abastecer el consumo de una comunidad entera, normalmente en combinación con otra fuente como puede ser la eólica o un generador diesel. Estos sistemas presentan notables ventajas en términos de generación de energía, permitiendo mayores potencias, altos consumos e incrementando la eficiencia del sistema de generación. Sin embargo, el escaso desarrollo actual de la fotovoltaica en los países en desarrollo unido a la alta exigencia de mantenimiento, repuestos y personal especializado, el alto coste de reposición de los equipos y los altos niveles de impago por servicios comunitarios, convierten esta opción en menos competitiva a la hora de garantizar la sostenibilidad del servicio.

Las ventajas de la energía solar fotovoltaica son las siguientes:

- Aprovechan la luz solar para generar energía, una fuente renovable ilimitada, presente en todo el mundo, respetuosa con el medio ambiente y que favorece la autonomía energética.
- Al ser una tecnología modular, proporciona una gran flexibilidad para ampliar el sistema mediante la adición de nuevos módulos o baterías.
- Su mantenimiento es sencillo lo que la convierte en idónea para ser administrada en zonas rurales aisladas por personas de la propia comunidad sin conocimientos técnicos complejos.
- Para zonas con viviendas muy dispersas y bajo consumo eléctrico, resulta más rentable que soluciones centralizadas como la extensión de red eléctrica o generadores centrales.

Las desventajas más notables son las siguientes:

- La máxima potencia que pueden suministrar suele estar limitada a valores bajos. No es aconsejable para altos consumos de potencia tales como motores o aplicaciones térmicas.
- El coste por kWh es aún muy caro, por lo que no resulta rentable para consumos cercanos a la red eléctrica. No obstante, la curva de costes del equipamiento disminuye año tras año por la evolución de la tecnología y los procesos de fabricación.

2.4 Problemática de los proyectos de electrificación rural

2.4.1 Introducción

Si bien millones de sistemas de generación eléctrica con tecnologías renovables están funcionando satisfactoriamente alrededor del mundo, los países más pobres en vías de desarrollo han sido víctimas de numerosos fracasos, en los cuales los sistemas han sido especificados erróneamente, usados incorrectamente o mal mantenidos. En un estudio realizado en 2001 sobre diversos proyectos de electrificación en África, Asia e Iberoamérica se identificó que el 23% de los sistemas no funcionaba y el 19% tenían alguna avería [2]. A pesar de las diferentes situaciones en las que las tecnologías renovables tienen una contribución positiva que aportar, la situación descrita anteriormente presenta una barrera que hay que superar. Décadas de experiencia muestran que para que un proyecto sea exitoso es necesario satisfacer las necesidades reales de la población de manera confiable, accesible y económicamente sostenible.

Las causas de fracaso emanan de las siguientes raíces [9]:

- a. La no implicación de los futuros usuarios en todo el proceso del programa de electrificación y el no dar a los aspectos ambientales y sociales la misma importancia que a los técnicos y económicos.
- b. El planteamiento de soluciones técnicas inadecuadas.
- c. La no utilización de herramientas sistemáticas de implantación, que garanticen tanto el correcto funcionamiento técnico de los equipos, como su asimilación por el entorno socioeconómico en que deban operar.

2.4.2 Escasa participación de los beneficiarios en la toma de decisiones

Los problemas relacionados con los usuarios son, quizás, los citados con mayor frecuencia como causa de dificultades en los proyectos de Ayuda al Desarrollo rural. Sin la infraestructura local que se ocupe del mantenimiento y servicio de posventa, los sistemas podrían caer en desuso; por esto, algún grado de participación local es necesario. Esto choca con la dinámica de los proyectos de desarrollo en los últimos años, que inciden especialmente en la necesidad de que los beneficiarios sean partícipes en el proyecto.

El problema comienza en el momento en que los técnicos o ingenieros responsables de los proyectos parten de una idea equivocada de lo que es participación, en parte motivada por su escasa formación social. La etapa de identificación suele consistir en visitas rápidas en las que se recoge unos cuantos datos superficiales y fotografías que permitan dar una apariencia coherente y atractiva a los documentos de petición de financiación. Cuando el proyecto es finalmente aprobado, el documento de formulación se convierte en un importante marco regulador de actividades y tiempos que, de no ser suficientemente flexible, puede incluso llegar a forzar torpezas evidentes en la ejecución, especialmente cuando el proyecto está corto de dinero o apurado de tiempo.

Otro error común derivado de la no participación de los beneficiarios consiste en confundir las infraestructuras energéticas con los servicios energéticos. Ello puede desembocar en que la provisión e instalación de cierto tipo de tecnología no alcanza a suministrar los servicios que requieren los beneficiarios. Por el contrario, una correcta identificación determina en primer lugar los servicios que los beneficiarios desean

satisfacer (agua potable, educación, iluminación domiciliaria, etc.) y a continuación las infraestructuras energéticas que pueden abastecer esos servicios. Los objetivos de la planificación energética deben medirse por tanto en servicios energéticos suministrados, en vez de en cantidad de energía suministrada.

En el seguimiento y evaluación se repiten los mismos hábitos: se limitan a utilizar a los interesados directos como fuentes de información y no como usuarios conjuntos de la información. Si se ha seleccionado el método y se utiliza para obtener información de la gente, el proceso no será participativo, sino extractivo.

Con frecuencia los técnicos externos aplican cuestionarios con preguntas fijas y respuestas escuetas que no facilitan la comprensión de la pregunta. Cabe recordar que las herramientas y las técnicas metodológicas deben ayudar a establecer un diálogo abierto con la gente del lugar. Además, las entrevistas convencionales tienden a dar suprema importancia a lo discursivo y a lo oral, mientras que la gente del campo posee un amplio repertorio no discursivo y no oral [8].

Por otro lado, existe un choque evidente entre la visión urbana de desarrollo y la rural. Esto se traduce en que las propuestas que surgen y se implementan desde el sector rural son muchas veces opuestas al esquema urbano. Pero sin embargo es frecuente encontrar ejemplos que suponen que el medio rural “subdesarrollado” debe supeditarse a las propuestas del medio urbano “desarrollado”. Y los diagnósticos elaborados desde fuera se perciben con ciertos problemas que no siempre son compartidos por los habitantes locales.

A modo de resumen y como crítica al modelo tradicional de recogida de datos se puede decir, en primer lugar, que en general había un mayor peso de la ingeniería sobre las ciencias sociales. En segundo lugar, tendía a ser costoso económicamente y muy largo en tiempo de ejecución. En tercer lugar, el diagnóstico se basaba en la extracción de datos por parte de “expertos”, en cuyo análisis los propios habitantes de la comunidad apenas participaban. En cuarto lugar tendía a sobrevalorar la importancia de la energía en la totalidad de la problemática vivida por la población [8].

Otro de los problemas de un enfoque participativo incorrecto es caer en una visión sesgada de la realidad. Se cae en un sesgo de tiempo cuando se considera que la situación de la comunidad es la misma durante todo el año o entre diferentes años, sin tener en cuenta los diferentes momentos que vive la comunidad en función de la época de cosechas o recolección, del tiempo y en definitiva de la historia de la comunidad. Se cae en un sesgo de espacio cuando se conversa exclusivamente con una parte de la comunidad y se excluye a los que viven más lejos considerando que su situación es la misma. Se incurre en un sesgo de género cuando el equipo de diagnóstico está formado sólo por hombres o en un sesgo de clase cuando sólo se conversa con la élite de la comunidad.

Por otro lado, en la misma conversación y diálogo con los habitantes de la comunidad se produce una falta de entendimiento porque el equipo de identificación le cuesta captar el significado del lenguaje local. Mientras los habitantes pueden expresarse de forma sencilla y directa, los técnicos manejan un lenguaje urbano y científico. Por ello se suele dar el caso de que los técnicos subestiman el conocimiento de las personas de la comunidad por hacer uso de un lenguaje diferente al de la ciudad [8].

Un último obstáculo es la escasez de recursos económicos para llevar a cabo los procesos participativos. Los presupuestos tienen a elaborarse dando un mayor peso a la adquisición de equipamiento necesario para la ejecución y dotando de ínfimas partidas a las actividades relacionadas con la participación (talleres, personal, tiempo).

2.4.3 Diseño, instalación o mantenimiento incorrectos

Los medios rurales pobres representan un ámbito para el que la gran mayoría de los ingenieros (o técnicos) carece de formación. El diseño se realiza con un criterio urbano, sin tener en cuenta las particularidades del medio rural: ausencia de servicios de mantenimiento cercanos, condiciones de humedad y temperatura más extremas, mayor exposición a la intemperie, etc.

Dada la alta inversión necesaria en cuanto a equipamiento, se tiende a abaratar costes mediante la selección de unos equipos más económicos pero que tienen una vida útil más corta. Por ejemplo, una reducción de los días de autonomía de los sistemas y una profundidad de descarga elevada, reducen la capacidad necesaria de acumuladores pero a la vez acortan sensiblemente la vida útil de los mismos.

También se suele dar el caso de que el documento de proyecto presenta unas especificaciones técnicas determinadas, pero no incluyen un pliego de condiciones técnicas que defina exactamente cómo han de ser los procesos de montaje e instalación. Al tratarse de una tecnología novedosa para los instaladores locales, pueden cometer errores en la ejecución por lo que además resulta necesario que se lleven a cabo unas pruebas de funcionamiento exhaustivas tras la puesta en marcha.

Estas deficiencias descritas tendrán como consecuencias directas una frecuente ocurrencia de averías y un notable acortamiento del tiempo de vida del equipamiento. Esto implica que los costos de reposición durante la vida del proyecto serán mucho mayores y de no ser previstos, pueden imposibilitar su financiamiento. Tendrán lugar además, sentimientos de insatisfacción en los usuarios y de frustración en el organismo electrificador, con los consiguientes riesgos de rechazo y abandono del proyecto.

2.4.4 Sistema de gestión improvisado

Tan importante como escoger una tecnología apropiada es diseñar un modelo de gestión que garantice la sostenibilidad de los sistemas. Sin embargo, en los proyectos de electrificación rural se ha otorgado poca importancia al sistema de gestión, que es diseñado bien en fase de ejecución o incluso después de ser ejecutado.

En la formulación del proyecto los costes de mantenimiento de los sistemas generalmente se estiman en cifras muy inferiores a las que resultan en la realidad. Los costes de reposición de los equipos que llegan al final de su vida útil (baterías e inversores) no se suelen tener en cuenta, lo que resulta en que al cabo de pocos años hay que realizar una inversión económica muy elevada que los beneficiarios no pueden desembolsar.

Es común descuidar la planificación del mantenimiento: brindar una capacitación rápida e insuficiente a los técnicos locales que realizan el mantenimiento básico, no existen técnicos o empresas cercanas con personal especializado capaz de atender averías complicadas, los usuarios no tienen forma de reclamar la garantía limitada del

equipamiento ante falla, no existe un mercado local que pueda abastecer de repuestos a los sistemas averiados.

En algunas evaluaciones de proyectos con sistemas fotovoltaicos se ha podido constatar las dudas de los usuarios sobre el verdadero potencial de sus sistemas fotovoltaicos, sobre el futuro del proyecto y sobre el reparto de responsabilidades entre ellos y el organismo electrificador en una situación que se va complicando cada vez más a medida que aparecen averías inesperadas.

2.4.5 Evaluación desaprovechada

A la hora de realizar las evaluaciones de proyectos de desarrollo se distingue normalmente entre una evaluación externa, realizada por expertos que no han participado en la ejecución del proyecto, y la evaluación interna o autoevaluación que llevan a cabo personal de la propia organización gestora del proyecto en el primer caso y ejecutora en el segundo caso.

Este modo de hacer se caracteriza fundamentalmente por limitarse a la observación y cuantificación de las actividades realizadas, al distanciamiento de los evaluadores respecto al proyecto, al control y búsqueda de defectos en el proyecto y de la neutralidad más absoluta.

En casos más graves, se puede producir una ocultación de los fracasos de ciertas prácticas muchas veces motivadas con el afán de no perder la financiación para nuevos proyectos. En estos casos la evaluación interna tiende a exagerar los impactos positivos del proyecto en la mejora de la calidad de vida de los beneficiarios o bien a realizar evaluaciones realizadas de forma simple y sin método alguno, a fin de dificultar la evaluación externa. Por otro lado, en la evaluación externa se puede bien no descubrir los fallos del proyecto o bien juzgar muy severamente los mismos juzgando desde una posición ajena a la realidad del proyecto y con un sesgo importante.

Este enfoque inadecuado de la evaluación conduce por un lado a que no se incorporen las lecciones aprendidas a nuevos proyectos, y por otro lado a que los beneficiarios del proyecto se desentiendan del buen funcionamiento de los sistemas y consideren que los problemas que surgen deben ser resueltos desde fuera [25].

2.4.6 Conclusión

Como solución a este problema se propone la elaboración de una guía metodológica de para la identificación, formulación, ejecución, evaluación y seguimiento de proyectos de electrificación rural en zonas rurales.

No se tratará de un método estandarizado y cerrado, sino una guía abierta que debe ser probada en cada entorno en el que se utilice y adaptada consecuentemente a la realidad que corresponda.

Capítulo 3

Descripción de la metodología

3 Descripción de la metodología

3.1 Principios de la metodología

Un proyecto de cooperación al desarrollo consiste en una intervención, una acción o conjunto de acciones a realizar en un tiempo determinado, dentro de unos plazos establecidos y en base a un presupuesto.

La presente metodología considera que un proyecto de desarrollo cuyo propósito es la mejora del bienestar de las personas mediante la dotación del servicio eléctrico no puede limitarse tan sólo a conseguir resultados como el número de sistemas instalados y mejora de los índices de electrificación. La mayor contribución al desarrollo de una población, región o país, tiene que ver con resultados como los conocimientos producidos por las experiencias derivadas del proyecto y con el potencial de esos conocimientos de ser replicados para retroalimentar aún más los procesos de desarrollo.

Esta metodología aspira a facilitar el diálogo entre los habitantes de una población rural, entre ellos y los técnicos de desarrollo para que todos los participantes alcancen un entendimiento mutuo y puedan alcanzar un consenso sobre las acciones que deben tomarse al interior de la comunidad con el fin de mejorar los niveles de vida de la población. Las actividades que se deben desarrollar en las distintas etapas del proyecto deben facilitar el intercambio de conocimientos y experiencias entre la población rural y otros actores que tengan interés en su desarrollo.

Un proyecto de dotación del servicio eléctrico puede multiplicar así su valor y su incidencia en el desarrollo de las personas, aprovechando al máximo la riqueza del conocimiento ya presente en la comunidad rural y siendo el catalizador del fortalecimiento de la organización de sus habitantes y de todos los nuevos proyectos de desarrollo que puedan surgir impulsados por su propia iniciativa.

Los **beneficiarios del proyecto** se convierten así en los promotores, diseñadores, ejecutores y evaluadores del propio proyecto de desarrollo. Los llamados técnicos de desarrollo se convierten en **facilitadores** de desarrollo. Los facilitadores trabajan por tanto al servicio de los promotores, de los beneficiarios. Y esto desemboca en que la participación se define como el involucramiento activo en la toma de decisiones.

En un enfoque ideal, los beneficiarios autogestionan completamente su desarrollo sirviéndose de organizaciones locales basadas en modelos de democracia directa participativa. A modo de ejemplo, en un modelo así, una comunidad decidiría solucionar su problema de falta de abastecimiento eléctrico contactando directamente con instituciones u organizaciones que puedan desarrollar los estudios técnicos, intervendrían activamente en el diseño del proyecto y buscarían financiadores para ejecutarlo. Es decir, la decisión de elaborar un proyecto de desarrollo partiría de la comunidad, no de agentes externos.

Sin embargo, en la actualidad son muy pocas las comunidades que se encuentran lo suficientemente organizadas y capacitadas para autogestionar completamente su desarrollo. Es por ello que en la descripción de la metodología se ha considerado que los promotores del proyecto son organizaciones e instituciones externas, en vez de la propia comunidad. De ésta forma, la metodología responde al escenario más habitual,

en el que el rol del grupo de coordinación que guía y dirige los pasos del proyecto de desarrollo es representado por técnicos externos.

3.2 Esquema de la metodología

Todo proyecto de cooperación al desarrollo constituye un ciclo donde sus principales etapas se encuentran interrelacionadas entre sí, desde la planificación inicial hasta la ejecución y evaluación final, siendo mutuamente dependientes para alcanzar el éxito en la consecución de los objetivos.

Como se muestra en la figura 2, las principales etapas son:

- **Programación**, define las líneas estratégicas del proyecto y la coherencia del mismo respecto a la organización.
- **Identificación**, determina y analiza los problemas a resolver.
- **Formulación**, define los objetivos, actividades y recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto.
- **Ejecución**, desarrolla las actividades planificadas para conseguir los objetivos del proyecto.
- **Evaluación**, determina el grado de realización de los objetivos del proyecto

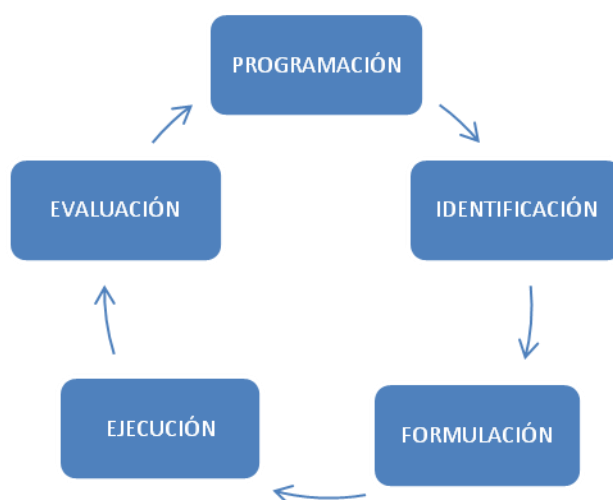


Figura 2. Ciclo del proyecto de desarrollo

En la tabla 1 se presenta un organigrama que describe las etapas y fases que sigue la presente metodología. La descripción detallada de la misma se centrará tan sólo en 3 de las etapas del ciclo de proyecto, siendo la etapa de programación y la etapa de ejecución demasiado particulares de un proyecto concreto como para tratarlas en una metodología general como ésta.

ETAPA	FASE
1 Programación	-
2 Identificación: Diagnóstico rural participativo	Pre-planificación
	Taller de planificación
	Desarrollo del DRP
	Estudio previo de viabilidad
	Taller de acción
	Informe final
3 Formulación: Estudio final	Ingeniería de proyecto
	Matriz del proyecto
	Presupuesto definitivo y estudio económico-financiero final
	Documento de proyecto
4 Ejecución y seguimiento	-
5 Evaluación participativa	Pre-planificación
	Taller de planificación
	Desarrollo de la evaluación
	Análisis final
	Desarrollo de plan de acción

Tabla 1. Relación de etapas y fases de la metodología

3.3 Diagnóstico rural participativo

3.3.1 Introducción

El Diagnóstico Rural Participativo (DRP) es un conjunto de técnicas y herramientas utilizadas en la etapa de identificación de un proyecto de desarrollo que permite que las comunidades hagan su propio diagnóstico y comiencen a auto-gestionar su planificación y desarrollo. El DRP permite obtener información fiable en un tiempo corto (“óptimo nivel de ignorancia”) para contribuir al desarrollo de una zona.

Supone un avance respecto a otros métodos de identificación como las encuestas y los diagnósticos rurales rápidos que, en el primer caso, resultan muy rígidos y requerían de largo tiempo de recopilación y procesamiento de datos, y en el segundo caso, son meramente extractivos por lo que la información es interpretada solamente por los técnicos. Ambos métodos han demostrado que desembocaban en una percepción sesgada de la realidad y la nula implicación de los beneficiarios [12].

En cambio lo que caracteriza al DRP es el esfuerzo por generar en los actores sociales la capacidad de adquirir control sobre su propia situación. La idea es que los propios participantes analicen su situación y valoren distintas opciones para mejorarla. De esta manera podrán compartir experiencias y analizar sus conocimientos, a fin de mejorar sus habilidades de planificación y acción.

No se pretende tan sólo recopilar datos para la dotación del servicio eléctrico. La dotación del servicio eléctrico se convierte en el catalizador para que la comunidad inicie un proceso de autorreflexión sobre su situación, sus problemas y sus propuestas para solucionarlos.

La intervención de las personas que componen el equipo coordinador del DRP debe ser mínima, idealmente se reduce a poner a disposición las herramientas para el auto-análisis de los y las participantes y a realizar los estudios técnicos de las soluciones que éstos planteen.

Es más importante la validez cualitativa que la validez estadística de los diagnósticos. Esto implica también que el DRP es un proceso de aprendizaje progresivo, interactivo, flexible y rápido, que obliga a regresar a una fase previa del diagnóstico cuando surge nueva información que demanda una reconsideración de lo ya alcanzado.

En la tabla 2, se presentan los distintos pasos que componen la etapa de identificación, así como la participación de los principales actores en cada uno de ellos.

FASE	PASO	GRUPO COORDINACIÓN	EQUIPO DRP	COMUNIDAD
1 Pre-planificación	1 Definición del contexto	OK	-	-
	2 Análisis preliminar	OK	-	-
	3 Propósito preliminar del DRP	OK	-	-
	4 Identificación de las comunidades participantes	OK	-	-
	5 Diagnóstico de situación	OK	-	-
	6 Selección del equipo	OK	-	-
	7 Diseño del taller de planificación	OK	-	-
2 Planificación	8 Presentación y capacitación	OK	OK	-
	9 Preparación guía metodológica	OK	OK	-
	10 Diseño del proceso de diagnóstico	OK	OK	-
3 Desarrollo	11 Análisis de la realidad	OK	OK	OK
	12 Análisis de la energía	OK	OK	OK
	13 Análisis de prioridades de desarrollo	OK	OK	OK
4 Estudio previo de viabilidad	14 Ingeniería	OK	OK	-
	15 Análisis de costes	OK	OK	-
	16 Análisis de impacto ambiental	OK	OK	-
	17 Análisis de impacto social	OK	OK	-
	18 Opciones de financiación	OK	OK	-
	19 Modelo de gestión	OK	OK	-
5 Taller de Acción	20 Discusión de resultados	OK	OK	OK
	21 Plan de acción	OK	OK	OK
6 Informe final	22 Informe final	OK	OK	OK

Tabla 2. Relación de fases y pasos de la etapa de identificación

3.3.2 Pre-planificación

Paso 1. Definición del contexto

El primer paso en la preparación del DRP consiste en definir la situación existente y el contexto del proyecto desde el punto de vista del grupo de coordinación: qué planes siguen y objetivos persiguen las personas, organizaciones o instituciones que solicitan y financian el DRP, qué antecedentes existen, en qué políticas o planes gubernamentales se enmarca el DRP, qué situaciones se pretenden revertir, qué obstáculos se presentan, el alcance del proyecto, etc. ¿Cuál será el área de intervención del proyecto? ¿El proyecto contempla el ciclo completo del proyecto o tan sólo la identificación? ¿El proyecto se enmarca en un programa con un funcionamiento ya definido? ¿Los beneficiarios pueden participar de la toma de decisiones en cuanto a la tecnología, modelo de gestión, financiamiento? Esta reflexión previa será la base del resto de pasos a seguir, pues definirá que pasos de la metodología se pueden desarrollar y cuáles no.

Paso 2. Análisis preliminar

Para entender y obtener una idea clara de la situación del proyecto a desarrollar se procederá a definir un marco de referencia que englobe los siguientes elementos:

- El problema del desarrollo: la principal situación no deseada que el proyecto se propone enfrentar.
- El propósito del proyecto: cómo se propone el proyecto enfrentar parcialmente el problema de desarrollo.
- El problema (o los problemas) principales que serán tratados específicamente y resueltos por el proyecto.
- Los objetivos del proyecto – los resultados que el proyecto se propone alcanzar.
- Los beneficiarios del proyecto – la población que el proyecto se propone beneficiar a través de sus actividades.

PROBLEMAS DEL DESARROLLO	PRÓPOSITO DEL PROYECTO	PROBLEMAS PRINCIPALES	OBJETIVOS DEL PROYECTO	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Ficha de trabajo 1. Análisis preliminar

Se puede complementar este análisis con el dibujo de un **árbol de problemas** basado en la información de partida disponible. Este árbol se puede comparar posteriormente con el que los beneficiarios del proyecto dibujen durante el DRP a fin de que el equipo pueda apreciar el grado de percepción que tienen a priori de los problemas de los beneficiarios.

Paso 3. Propósito preliminar del DRP

A partir del análisis preliminar se puede definir el propósito de la investigación a desarrollar mediante la fase del DRP: los resultados que se pretenden lograr. Se considerará preliminar puesto que a medida que se recabe nueva información, especialmente de los participantes del DRP, este propósito podría ser redefinido.

Esta reflexión resulta necesaria para mejorar la eficacia de la presente etapa, pues una formulación inadecuada del propósito del diagnóstico puede desembocar en la realización de actividades que no aporten nada al proyecto y que supongan un gasto económico innecesario.

Paso 4. Identificación de las comunidades participantes en el DRP

Dado que los recursos destinados a la electrificación rural son limitados, se deberá proceder de forma sistemática en la preselección de las comunidades que participarán en el DRP. Teniendo en cuenta el marco de referencia, el análisis preliminar y el propósito del DRP se identificarán a las mismas atendiendo a los siguientes criterios:

- Gravedad del problema: aquellas regiones donde el grado de electrificación sea menor.
- Aquellas comunidades menos favorecidas por proyectos de desarrollo.
- Posibilidad real de dotar del servicio eléctrico a las comunidades. Por ejemplo si el grado de dispersión de las comunidades convierten en inviable un servicio de mantenimiento por falta de infraestructuras de comunicaciones o transportes, será mejor resolver primero los problemas de comunicación antes de emprender un proyecto que será imposible de mantener.

En caso de que el proyecto limite el número de comunidades beneficiarias, se escogerá un número mayor de comunidades participantes en el DRP, a fin de que existan comunidades que queden en reserva ante el riesgo de que haya otras que deban ser descartadas en el último momento.

Paso 5. Diagnóstico de situación de las comunidades

Previo a la realización del DRP y visita de campo a las comunidades, es preciso tener un conocimiento previo de la población: su cultura, organización política, características socio-económicas, sus intereses y hábitos de vida. Para ello:

1. se consultará y entrevistará a todos los participantes potenciales con intereses y planes respecto al desarrollo del proyecto
2. se consultarán fuentes de datos secundarios: estudios, archivos, documentos sociológicos, etc.

Paso 6. Selección del equipo del DRP

El **equipo del DRP** tendrá la responsabilidad de diseñar el proceso de diagnóstico y contribuir al análisis de los datos obtenidos del mismo. A la vez se beneficiarán de la capacitación recibida adquiriendo nuevas capacidades que les permitirán gestionar procesos participativos similares a futuro. Estará compuesto por todos los actores que puedan tener un interés en el proceso de diagnóstico y que sean representativos de los beneficiarios del estudio: hombres y mujeres de diferentes edades, representantes de asociaciones, de las instituciones, de ONGs que trabajen en el área de intervención, etc.

Resulta de especial interés lograr que se unan al equipo del DRP los siguientes actores, dado que tienen el poder de tomar decisiones y otorgar recursos que pueden beneficiar a las comunidades cuando éstas elaboren su plan de acción de desarrollo:

- **Representantes de la compañía eléctrica** que opere en la zona, puesto que disponen de información y tienen capacidad decisoria sobre extensión de red eléctrica o construcción de nuevas centrales generadoras de energía.

- **ONGs u Organizaciones de base**, que tienen capacidad y recursos como para poder atender problemas y satisfacer servicios distintos al servicio eléctrico.
- **Autoridades locales**, que tienen el poder de asignar y solicitar recursos.

El taller de planificación del DRP es una oportunidad perfecta para reunirles a todos en un entorno que facilita el conocimiento mutuo y el diálogo.

Por otro lado, debe existir un **grupo de coordinación del DRP** integrado por un reducido número de personas que actuará como facilitador del desarrollo fomentando la participación y el empoderamiento del equipo del DRP y de los beneficiarios del proyecto. Para ello:

1. Se fijarán los requisitos del personal necesario para llevar a cabo el DRP. Es necesario armar un equipo equilibrado y diverso, que garantice un análisis desde diferentes enfoques técnicos, económicos y antropológicos.
2. Se seleccionará al personal atendiendo a la formación de un equipo mixto formado por hombres y mujeres y a la aproximación cultural de al menos un miembro del equipo con los beneficiarios del proyecto (compartir la misma nacionalidad, misma región de procedencia, misma lengua o etnia).
3. Se formará al personal:
 - a. Todos recibirán formación sobre la metodología a seguir.
 - b. Los técnicos recibirán formación de carácter social.
 - c. Los sociólogos o antropólogos recibirán formación de carácter técnico sobre electrificación rural.

La importancia de formar grupos de trabajo constituidos por especialistas de varias disciplinas radica en su capacidad para mirar desde perspectivas diferentes el mismo fenómeno. En cuanto a la búsqueda del equilibrio de género, se pretende fomentar la participación de las mujeres y reforzar su papel en entornos patriarcales.

Paso 7. Diseño del taller de planificación del DRP

Por último, el grupo de coordinación del DRP preparará un plan de trabajo y un presupuesto para llevar a cabo la segunda fase: el taller de planificación del DRP. Deberán quedar establecidos los resultados esperados del taller.

3.3.3 Taller de planificación del DRP

Paso 8. Presentación y capacitación

En primer lugar se introducirá a los participantes en el marco de referencia y los objetivos del taller, así como el análisis preliminar de la situación. Después se les capacitará en la metodología del diagnóstico rural participativo.

Paso 9. Preparación de Guía Metodológica

A continuación se procederá a elaborar la guía metodológica que definirá qué información y herramientas se van a utilizar en el DRP. Para ello se comienza facilitando el diálogo y el debate entre los participantes acerca del propósito preliminar del DRP y de las necesidades de información previstas. Esta reflexión resulta necesaria puesto que en el debate pueden aflorar problemas o demandas de información, no tenidos en cuenta por el equipo de coordinación, que le den un nuevo enfoque al

diagnóstico. El resultado de esta actividad debe ser una lista con las demandas de información.

A continuación se seleccionarán las herramientas y técnicas que permitan extraer la información de la comunidad atendiendo a los siguientes criterios:

- Que sean apropiadas para obtener las demandas de información que figuran en la lista elaborada previamente.
- Que sean apropiadas para la idiosincrasia de los habitantes de la comunidad.
- Que no recopilen información que se pueda extraer mediante otras fuentes secundarias como mapas o informes previos.
- Que se ajusten a los tiempos y recursos que puede contemplar el estudio.

En la tabla 3 se presenta una tabla de referencia de herramientas apropiadas para el diagnóstico participativo. Se distingue entre herramientas que deberían llevarse a cabo siempre de manera obligatoria y otras que se consideran recomendadas u optativas. En el Anexo A.1 figura una descripción e instrucciones de cada una de las herramientas.

	HERRAMIENTA	OBJETIVO	OBLIGATORIO	RECOMENDADO	SUGERIDO
OBSERVACIÓN	Observación participante	Comprender la percepción de la realidad de la comunidad	-	-	OK
ENTREVISTAS	Entrevistas semiestructuradas	Profundizar en el conocimiento de las personas o grupos clave	OK	-	-
MAPAS & MAQUETAS	Recursos naturales	Analizar la utilización de los recursos naturales e identificar potenciales y limitaciones	-	OK	-
	Social	Analizar la situación social y generar la discusión en cuanto necesidades y potenciales	-	OK	-
	Comunidad	Analizar potenciales y limitaciones en el ámbito productivo, social, sanitario	OK	-	-
	Finca	Analizar y entender la organización productiva a nivel de finca	-	-	OK
	Flujos económicos	Representar cómo se interrelacionan los diferentes elementos del sistema productivo	-	-	OK
	Migración	Visualizar los movimientos migratorios con sus causas y efectos	-	-	OK
	Futuro	Generar discusión sobre las amenazas y oportunidades en el futuro	-	OK	-
CORTE TRANSVERSAL	Corte transversal	Identificar las diferentes áreas ecológicas, sus usos, problemas y potenciales de desarrollo	-	OK	-
CALENDARIOS	Agrícola		-	-	OK
	Actividades	Examinar la distribución del tiempo y las posibilidades de mejorarla o cambiarla	-	-	OK
	Estacional	Poner en relación diferentes ciclos económicos, productivos y sociales y analizar su importancia	OK	-	-
	Histórico	Examinar eventos que han influido de forma decisiva sobre el desarrollo de la comunidad	-	-	OK
DIAGRAMAS	Árbol de problemas	Analizar un problema con la finalidad de identificar las causas y buscar posibles soluciones	OK	-	-
	Diagrama de Venn	Analizar las relaciones entre la comunidad y las instituciones y su importancia	-	OK	-
	Flujograma de producción	Analizar la producción para poder mejorarla	-	-	OK
	Capas sociales	Identificar los diferentes grupos sociales para adaptar las medidas a sus necesidades	-	-	OK
	Organización comunitaria	Analizar la situación actual de los grupos comunitarios para lograr un fortalecimiento organizativo	-	OK	-
	Priorización de problemas	Establecer una jerarquía de los problemas identificados	OK	-	-
	Jerarquización por parejas	Establecer una jerarquía de los problemas	-	-	OK
	Escenario de alternativas	Valorar las diferentes alternativas para solucionar un problema	OK	-	-
	Uso del tiempo	Hacer visible la carga de trabajo real de la mujer. Contribuir a la del trabajo de la mujer	-	-	OK
	Distribución de tareas	Analizar los diferentes roles asignados para hombres y mujeres	-	OK	-
	Toma de decisiones	Examinar la toma de decisiones en los diferentes ámbitos de la vida familiar	-	-	OK
	Control y acceso	Analizar de manera diferenciada el manejo de los recursos y beneficios entre mujeres y hombres	-	-	OK

Tabla 3. Herramientas del DRP

Paso 10. Diseño del proceso de diagnóstico

En este último proceso se definirá un plan de trabajo y un presupuesto siguiendo la siguiente tabla:

Objetivo de investigación	Resultados	Actividades	Insumos	Responsabilidad	Tiempo

Ficha de trabajo 2. Diseño del proceso de diagnóstico

El diseño del proceso de diagnóstico además de resultar útil para la logística y como referencia, puede ser utilizado para conseguir financiación para el DRP.

Frecuentemente se hacen dos planes/cronogramas: el plan general, que incluye todo, de la fase de preparación hasta la entrega del informe final, y un cronograma más detallado de la fase de campo.

3.3.4 Desarrollo del DRP

Paso 11. Análisis de la realidad

En esta fase se pretende recopilar la mayor cantidad de información que permita identificar totalmente la situación actual, los problemas y potencialidades existentes en la comunidad. Para ello se realizarán las actividades seleccionadas en la planificación de tal forma que involucren a la comunidad en el análisis de su propia situación:

- Se procederá a segmentar a la comunidad en diferentes grupos de interés para potenciar la participación de todas las personas y obtener distintos enfoques de la situación actual. Para ello, se utilizarán criterios de género, creencias religiosas, edad, estudios, ocupación u otros aconsejados por la propia comunidad atendiendo a la necesidad de que todos puedan satisfacer su libertad de expresión -.
- Dentro del grupo se trabajará con las herramientas de la Tabla 3 que fueron incluidas en la guía metodológica.
- Al finalizar el análisis, cada grupo realizará una presentación de los resultados obtenidos en una reunión general a fin de que se produzca una discusión sobre los mismos que permita ampliarlos o cuestionarlos.
- Reflexión. Una vez recopilada toda la información el equipo de coordinación trabajará con el equipo del DRP en el análisis de los datos.

Paso 12. Análisis de las necesidades energéticas

En este paso, se distinguen dos momentos: uno durante el taller con los beneficiarios acerca de los usos de la energía y otro de identificación técnica de los recursos energéticos existentes.

Durante el taller de análisis de la realidad se incluirán unas herramientas específicas que permiten analizar con rigor las necesidades energéticas de la comunidad y recopilar los datos siguientes:

- **Consumos:** el modo en el que actualmente los habitantes de la comunidad hacen uso de la energía.
- **Necesidades:** los servicios energéticos que los habitantes de la comunidad desearían tener, incluso aunque no puedan pagarlo.
- **Demandas:** los servicios energéticos que realmente se pueden satisfacer teniendo en cuenta la voluntad de pago y las alternativas tecnológicas viables.

En primer lugar se identificarán los consumos mediante una sesión de trabajo en grupo y haciendo uso del formato de trabajo 3 y reflexionando sobre las dificultades de acceso las fuentes de energía (coste, dificultad de uso y acceso, etc.):

Servicio energético	Nº de usuarios [u]	Fuente de energía [u]	Unidad	Consumo [u/mes]	Costo [\$/ud]	Gasto usuario [\$/mes]	Gasto total [\$/mes]
TOTAL							

Ficha de trabajo 3. Identificación de consumos

A continuación se identificarán las necesidades, por lo que cobra mayor interés que todos los grupos de interés estén representados a la hora de llevar a cabo esta actividad, ya que de lo contrario pueden obviarse algunas necesidades que luego no se podrán satisfacer.

Los usuarios reflexionarán sobre si desean incrementar el consumo que hacen ya de determinados servicios energéticos así como si desean incorporar nuevos servicios energéticos. Partiendo de una lista de servicios energéticos como referencia (ver anexo A.2), se estimará, rellenando la siguiente tabla, el nº de usuarios que desean cada servicio energético así como la fuente de energía que podría satisfacerlo y los costos asociados, siendo fundamental responder a la cuestión de la voluntad de pago: ¿pueden hacer frente los usuarios al pago del servicio energético? Responder estas cuestiones permitirá determinar, en la siguiente fase del DRP, la demanda efectiva de energía que será aquella que se pueda satisfacer.

Servicio energético	Nº de usuarios [u]	Fuente de energía [u]	Unidad	Consumo [u/mes]	Costo [\$/ud]	Gasto usuario [\$/mes]	Gasto total [\$/mes]	Voluntad de pago [si/no]
TOTAL								

Ficha de trabajo 4. Identificación de servicios energéticos

Tras el taller, los técnicos del grupo de coordinación del DRP podrán trabajar en la medida y registro de los recursos energéticos locales. Al tratarse de una recogida de datos de carácter técnica, no será imprescindible la participación del equipo del DRP o de voluntarios de la comunidad, si bien es recomendable..

Es muy importante destacar, que incluso aunque el propósito del DRP ya priorice y se centre en una única tecnología, los sistemas fotovoltaicos individuales, la identificación de los recursos energéticos debería llevarse a cabo de la forma más amplia posible dentro de las posibilidades presupuestarias y de tiempo. Esto es así porque puede darse el caso de que la tecnología propuesta no sea la mejor para la comunidad, siendo la propia comunidad la que tiene que elegir qué tecnología quiere utilizar entre las alternativas presentadas por los técnicos.

Las mediciones incluirán la medición de:

- a. Recurso hídrico disponible (salto, caudal, hidrología)
- b. Recurso solar
- c. Recurso eólico (velocidad,
- d. Combustibles y biocombustibles
- e. Red eléctrica (puntos de acceso a la red eléctrica más cercanos)

Por quedar fuera del alcance del presente proyecto, no se explicará en el presente proyecto cada una de las tecnologías relacionadas con los respectivos recursos. Sin embargo, se considera de obligado cumplimiento que todo técnico que participe de la identificación de los recursos energéticos tenga conocimientos del funcionamiento de las mismas, así como de su medición.

Paso 13. Análisis de las prioridades de desarrollo

Nuevamente se celebra un taller comunitario en el que se enfocan las causas y los efectos de las limitaciones priorizadas en el paso anterior. Se analizan las causas de los problemas que pueden ser mejorados con un esfuerzo conjunto. Después se discuten las posibles alternativas para conseguir la situación deseada y finalmente se escogen las alternativas más viables.

En este análisis se discuten todos los problemas, no tan sólo aquellos relacionados con la electrificación rural. Se trata de lograr que una oportunidad de diálogo creada gracias al estudio de electrificación rural, pueda amplificarse y favorecer que la comunidad se implique en la resolución de otros problemas. Se utilizarán para ello las herramientas definidas en la guía metodológica.

Se detalla a continuación, por ser objeto principal de la metodología, la herramienta específica de la reflexión acerca de la energía.

El grupo reflexionará sobre las necesidades de servicios energéticos, ordenándolos por orden de prioridad. Primero se constituirá el grupo y, una vez formado, se explicará la herramienta. Se anotan los problemas identificados durante la primera fase del diagnóstico. Se invita a cada persona a elegir 3 necesidades energéticas prioritarias:

NECESIDAD ENERGÉTICA	MARCAR PRIORIDAD	TOTAL	RANGO

Ficha de trabajo 5. Identificación de necesidades energéticas

3.3.5 Estudio previo de viabilidad

Con la información recopilada en la fase anterior de campo, se procederá a realizar un estudio de viabilidad técnica, social, económica y ambiental acerca de las opciones de

electrificación de la comunidad. El estudio debe ser objetivo y plantear distintas opciones tecnológicas, de financiación y de modelo de gestión. Se trata de que en la posterior fase del Taller de Acción, se pueda ofrecer un estudio abierto con múltiples opciones para que la comunidad tenga mayor información y más opciones para decidir cómo quieren su servicio eléctrico. El grupo de coordinación, por su especialización técnica, será el encargado de elaborar el estudio, pero siempre siguiendo las recomendaciones y aportes de los miembros del equipo del DRP con quienes deberá establecer una comunicación fluida.

Complementariamente, se puede hacer uso de la información para elaborar otros estudios de viabilidad acerca de otros problemas identificados en la comunidad que no estén relacionados con el servicio eléctrico: estudios de mejora del servicio de salud, infraestructuras y demás tecnologías básicas para el desarrollo, educación, etc. Dichos estudios deberían ser puestos en manos de especialistas en tales campos y conviene que sean presentados conjuntamente en la fase del Taller de Acción, aprovechando la oportunidad para presentar un catálogo amplio de soluciones para el desarrollo de la comunidad. Se tratará acá tan sólo la elaboración del estudio previo de viabilidad para la dotación del servicio eléctrico.

Paso 14. Ingeniería

Cálculo de la demanda potencial de energía

A partir del informe final del DRP se disponen de los datos del consumo energético presente de la comunidad, de las cargas que la comunidad desea satisfacer con el proyecto y del crecimiento proyectado de la demanda energética en los próximos años. Con estos datos de partida, se procederá a calcular la demanda energética a satisfacer.

Si las diferencias entre la demanda energética de las viviendas es notable, se considerarán diferentes tipos de vivienda en función de su demanda energética:

Tipo de Vivienda						
Carga	unidades [u]	Potencia [W]	Uso [h/día]	Consumo [Wh/día]	Uso [días/semana]	Consumo [Wh/semana]
TOTAL						
Hipótesis contempladas:						

Ficha de trabajo 6. Demanda energética en viviendas

Para cada servicio de la comunidad se determinará de igual forma la demanda energética:

Tipo de Servicio						
Carga	unidades [u]	Potencia [W]	Uso [h/día]	Consumo [Wh/día]	Uso [días/semana]	Consumo [Wh/semana]
TOTAL						
Hipótesis contempladas:						

Ficha de trabajo 7. Demanda energética en servicios comunitarios

A continuación se sumarán todas las demandas obteniendo la demanda energética total de la comunidad.

Por último se realizará un perfil horario de la demanda energética, especialmente necesario para evaluar las opciones de sistemas centralizados de generación eléctrica. Los intervalos se pueden elegir a partir de los hábitos horarios de la comunidad recogidos en el informe final del DRP. A partir del Ficha de trabajo 8 se podrá dibujar un perfil horario de la demanda.

	0h-6h		6h-12h		12h-18h		18h-24h		TOTAL
Tipo de vivienda	Potencia [W]	Consumo [Wh]	Potencia [W]	Consumo [Wh]	Potencia [W]	Consumo [Wh]	Potencia [W]	Consumo [Wh]	Consumo [Wh]
Subtotal Viviendas									
Tipo de servicio	Potencia [W]	Consumo [Wh]	Potencia [W]	Consumo [Wh]	Potencia [W]	Consumo [Wh]	Potencia [W]	Consumo [Wh]	Consumo [Wh]
Subtotal Servicios									
TOTAL									

Ficha de trabajo 8. Perfil horario de la demanda

Evaluación de los recursos energéticos

Se analizarán los datos obtenidos en la identificación de los recursos energéticos en la fase del desarrollo del DRP para determinar aquellos que sean idóneos para ser aprovechados en la generación de electricidad.

En lo que respecta al recurso solar para la dotación de sistemas fotovoltaicos, la energía producida por los sistemas fotovoltaicos depende fundamentalmente de la insolación del lugar donde estén ubicados. Se calculará la misma completando la siguiente tabla con los valores que se describen a continuación:

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
G _{dm} (0) [kWh/m ² día]												
Inclinación β												
Coefficiente suelo												
Factor A												
Factor B												
G _{dm} (β) [kWh/m ² día]												

Ficha de trabajo 9. Evaluación del recurso solar para sistema fotovoltaico

La irradiación global sobre superficie inclinada se calcula como:

$$G_{dm}(\beta) = A \cdot G_{dm}(0) + B \cdot G_{dm}(0)^2 \quad (1)$$

donde:

$G_{dm}(0)$ irradiación media diaria global sobre superficie horizontal. Se obtendrá de estaciones meteorológicas cercanas, de programas de diseño o de la literatura relacionada. Siempre que sea posible se adquirirá el dato de diversas fuentes, dado que es habitual que exista un grado de disparidad alto en los datos que ofrecen las mismas.

β grado de inclinación del panel, que en instalación fija se puede calcular como el valor absoluto de la latitud del lugar incrementado en 10° ($\beta = |\varphi| + 10^\circ$).

A Factor que se calcula a partir de tablas específicas para el cálculo de la irradiancia sobre superficie inclinada y que tiene en cuenta:

- el valor de la inclinación del panel β
- el coeficiente de reflexión dependiente del tipo de suelo

Tipo de suelo	Reflectividad
Seco	0,2
Hierba húmeda	0,3
Desierto de arena	0,4
Nieve	0,6

Tabla 4. Coeficientes de reflexión según el tipo de suelo

B Factor que se calcula a partir de tablas específicas para el cálculo de la irradiancia sobre superficie inclinada que considera:

- el valor de la inclinación del panel β
- el valor de la latitud del lugar φ
- el mes

Alternativas tecnológicas

Una vez calculada la demanda de energía eléctrica y considerando los factores sociales, económicos y ambientales, así como los datos de la identificación de fuentes energéticas en la comunidad, se procederá a evaluar las distintas opciones de electrificación de la comunidad.

Los factores más importantes a evaluar para determinar la mejor opción serán la disponibilidad de energía para satisfacer los servicios requeridos, la inversión inicial, los costes de operación, los recursos y capacidades necesarios para realizar un mantenimiento adecuado y la calidad del servicio energético.

Fuente de electricidad	Potencia	Inversión inicial	Coste mantenimiento	Ventajas	Inconvenientes	Impacto social	Impacto medioambiental

Ficha de trabajo 10. Comparativa de alternativas tecnológicas

Como referencia puede utilizarse un catálogo de soluciones tecnológicas para electrificación descentralizada (ver Anexo A.2).

Paso 15. Análisis de costes

En este paso se debe realizar un análisis de costes que permita comparar cada una de las opciones tecnológicas y valorar a priori cuál resulta más económica. Para ello se debe calcular:

- Inversión inicial estimada y el tiempo de vida de la inversión
- Los costes anuales de operación y mantenimiento

- La energía suministrada cada año

Con estos datos se puede calcular el coste por unidad de energía de cada una de las opciones tecnológicas a partir de la ecuación 2.

$$\text{Coste unitario de la energía} = \frac{\text{costes anuales totales}}{\text{energía suministrada durante el año}} = \frac{C_{\text{anual}} + C_{\text{OM}} + C_{\text{rep}}}{E_{\text{total}}} \quad (2)$$

donde:

C_{anual}	Coste anual del capital inicial
C_{OM}	Costes anuales de operación y mantenimiento
C_{rep}	Coste anual de reposición de equipamiento

Según la magnitud del estudio se podrá complementar lo anterior con un estudio económico-financiero más detallado que calcule el TIR y el VAN de la inversión o bien se podrá dejar para la fase posterior del estudio de viabilidad final.

Paso 16. Análisis de impacto ambiental

Este análisis consiste en una reflexión sobre los problemas e impactos ambientales que pueden surgir como consecuencia de la implementación de una determinada solución tecnológica. Se valorará por tanto la importancia de tales impactos, puesto que aunque una determinada alternativa tecnológica pueda tener menores impactos que otra, es necesario considerar si los impactos de la otra son tolerables.

Una vez decidida la tecnología, se procederá a incorporar el correspondiente estudio de impacto ambiental en el estudio de viabilidad final, que será más exhaustivo.

Paso 17. Análisis de impacto social

El análisis de impacto social permite valorar el impacto de la alternativa tecnológica en el desarrollo humano de las personas y de la comunidad beneficiaria. Se pretende realizar una valoración objetiva de cómo van a beneficiarse las personas con el proyecto.

Puesto que se trata de un estudio previo de viabilidad, se propone un análisis sencillo basado en el grado de contribución del proyecto a los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Ya en el estudio de viabilidad final, se podrá realizar un estudio más detallado del impacto social utilizando otros indicadores: índice de desarrollo humano, índice de pobreza humana, índice de desarrollo energético, tasas de alfabetización, impactos transversales en equidad de género, gobernabilidad, empoderamiento de la comunidad, etc.

Paso 18. Opciones de financiación

En el presente paso se procederá al estudio de los mecanismos de financiación disponibles que permitan conseguir el capital inicial necesario para poder ejecutar el proyecto de dotación de energía.

Por un lado, con la información recopilada en el DRP, hay que estudiar qué **esquemas de financiación** son más convenientes y qué tipos de financiamiento incluyen:

- Donaciones, los beneficiarios no tienen que invertir nada.
- Subvenciones, los beneficiarios pueden acceder al servicio a un precio más bajo del que ofrece el libre mercado.
- Créditos, los beneficiarios deben devolver a plazos la inversión inicial.
- Mixto, una combinación de los tipos anteriores.

Al mismo tiempo que se valora el esquema de financiación más idóneo, se estudiarán las diferentes **fuentes de financiamiento** al alcance del proyecto. Es importante destacar que aún cuando ya exista una fuente de financiación segura con la que cuenta el equipo coordinador del DRP, conviene prever otras opciones alternativas que den margen de actuación en caso de un imprevisto que pueda dejar al proyecto sin los fondos inicialmente esperados.

Existen múltiples instituciones y organizaciones con programas específicos de dotación de servicios energéticos. Conviene elaborar un listado con dichas fuentes valorando en qué medida sus requisitos para la financiación se ajustan al proyecto que se está formulando.

Paso 19. Modelo de gestión

Cualquier proyecto de electrificación rural necesita, para garantizar su funcionamiento, disponer de una organización que le permita definir las distintas relaciones entre los actores del proyecto y dar solución a los problemas que puedan surgir.

El modelo de gestión, dada su crucial importancia en la sostenibilidad del proyecto, no es algo que se pueda diseñar durante la fase de ejecución. Su diseño resulta tan importante como el diseño de la ingeniería del proyecto. Debe por tanto formar parte del estudio previo de viabilidad y debe ser valorado y corregido por la comunidad. Sólo si ha definido un modelo de gestión se puede continuar adelante con la formulación del proyecto, de lo contrario las probabilidades de fracaso del proyecto son tan elevadas que se puede hablar sin lugar a dudas de un proyecto fallido.

Esquema del modelo

El equipo de coordinación del DRP seleccionará la información recopilada, cuál es el modelo de gestión más adecuado y el que reúne mayores garantías de sostenibilidad. En la tablas 5 y 6 se describen los principales modelos de gestión y esquemas para sistemas de electrificación descentralizada.

Modelos	Política general	Propiedad	Responsabilidad del servicio	Comentarios generales	Sostenibilidad del proceso de electrificación
Modelo 1: venta de equipos al contado	Venta directa del sistema al usuario final o a través de un agente.	Usuario final.	Usuario final.	Limitado a personas con poder adquisitivo en efectivo.	Muy mala en el campo. Hay un alto riesgo de que el equipo falle, debido a la falta de capacitación del usuario durante la instalación propia del sistema.
Modelo 2: venta de equipos al crédito	crédito al proveedor	Usuario final (de inmediato o una vez cumplidos todos los pagos, de acuerdo al arreglo contractual).	Usuario final.	Accesible a más personas según la capacidad del proveedor o agente para manejar el crédito.	
	Crédito al usuario final	Usuario final (una vez cumplidos todos los pagos, de acuerdo con el arreglo contractual).	Usuario final.		Hay dificultades para conseguir repuestos o apoyo en la instalación (por razones económicas y logísticas).
	Arrendamiento	Entidad financiera. Usuario final, al final del contrato de arrendamiento (si existe un acuerdo).	El arrendador durante el contrato de arrendamiento, a través de un instalador (contrato entre el arrendador y el instalador).	Se requiere un fuerte compromiso de la empresa arrendadora.	La instalación y mantenimiento podrían ser adecuados durante el período del arrendamiento, pero no se sabe si después también.
Modelo 3 : tarifa por servicio	Un operador provee servicios eléctricos al usuario final, quien paga una tarifa periódica de acuerdo con el arreglo contractual.	Hay diversos esquemas (ver más abajo).	Operador del servicio.	La actividad del operador del servicio debe ser sostenible. La tarifa debe adaptarse a la voluntad y capacidad de pago para cubrir los costos del servicio.	Buena, debido al apoyo profesional en la instalación, operación y mantenimiento.

Tabla 5. Modelos de gestión para sistemas descentralizados. Fuente: DOSBE

Esquemas		Propiedad	Operador del servicio	Comentarios generales
Esquema 1:	No existe una entidad institucional dedicada a la gestión de la electrificación rural una iniciativa privada podría electrificar una zona específica.	Promotor del proyecto privado.	El promotor del proyecto es el operador.	La entidad nacional de energía otorga la autorización a la entidad privada para desarrollar su proyecto. Este esquema permite probar los conceptos de electrificación a pequeña escala.
Esquema 2:	Iniciativa <i>bottom-up</i> (de abajo hacia arriba).	Institución pública / local (por ejemplo, el centro comunal, o el municipio).	Operador local (hecho a medida).	Las acciones son manejadas localmente.
Esquema 3:	Existe una organización nacional que fomenta y desarrolla la electrificación rural (por ejemplo, una agencia de electrificación rural, a través de un concurso de proyectos).			El compromiso contractual respecto al rendimiento técnico y las tarifas se define entre la agencia y los ejecutores del proyecto.
	3-1 La autorización es otorgada para un proyecto con un plazo determinado (por ejemplo, 15 años).	El ejecutor del proyecto durante el período autorizado. La agencia después del período contractual (si no se otorga una nueva autorización).	El ejecutor del proyecto es el operador.	La agencia (directamente o por delegación regional) autoriza a la entidad privada a desarrollar su proyecto en una zona determinada. Este esquema se desarrolla para apoyar a "pequeños proyectos", como la electrificación de un solo pueblo, por ejemplo.
	3-2 Se lanza un programa de electrificación rural. Se contrata el monopolio de una zona determinada a un ejecutor del proyecto.			Ver la ilustración en la <i>Figura 1</i> . Corresponde a la inversión de largo plazo para el desarrollo de la electrificación rural a gran escala.
	Caso 1: modelo de concesión completa.	El ejecutor del proyecto invierte en la zona concedida. El ejecutor del proyecto es propietario durante el "período de concesión".	El ejecutor del proyecto es el operador del servicio.	Se requiere un esfuerzo prolongado de parte de todos los interesados para definir todas las normas. El operador actúa como "delegado" de la entidad nacional.
	Caso 2: concesión para la operación.	La inversión es realizada por la organización nacional.	El operador del servicio bajo un contrato de concesión.	

Tabla 6. Esquemas de electrificación rural descentralizada. Fuente: DOSBE

Actores y compromisos

Para cada esquema de modelo de gestión propuesto, se deben definir en detalle los diferentes actores que formarán parte del mismo, las responsabilidades que van a tener y cómo se van a relacionar con el resto de actores. En la tabla 7 se presentan roles y responsabilidades típicos que se suelen asignar en los proyectos de electrificación rural.

Rol	Responsabilidad
Promotor del proyecto	Obtener financiación Designar al ejecutor del proyecto
Facilitador de desarrollo	Mediar entre los beneficiarios del proyecto y los demás actores Capacitar a los actores que intervienen en el proyecto
Fiscalizador del proyecto	Evaluar y velar por el buen desarrollo del proyecto
Ejecutor del proyecto	Dimensionar el sistema de acuerdo a las especificaciones geneales Ejecutar el proyecto conforme a las especificaciones Responder con garantías sobre la instalación y los equipos Revisar la conformidad del trabajo realizado
Subcontratista	Ejecutar la parte del trabajo acordada con el ejecutor del proyecto
Operador del servicio	Establecer una relación comercial con los beneficiarios del servicio Operar el sistema según los compromisos acordados con el resto de actores Realizar el cobro de tarifas Brindar la calidad del servicio acordado Gestionar la conexión de nuevos clientes Planificar la renovación de equipos Resolver las incidencias Administrar el mantenimiento y la provisión de repuestos
Mantenedor	Realizar los trabajos de control, mantenimiento preventivo y correctivo
Usuario	Utilizar el servicio de acuerdo con el contrato suscrito con el operador

Tabla 7. Roles y responsabilidades en modelos de gestión de servicios eléctricos

Instrumentos

El funcionamiento del modelo de gestión se articula mediante la utilización de los siguientes instrumentos:

a) Tarifas

A partir de los datos obtenidos en el DRP acerca de los gastos actuales en energía, la capacidad de pago y la voluntad de pago, se determinará una tarifa que contribuya a satisfacer total o parcialmente los costos del sistema. El fin principal de la tarifa será asegurar el suministro eléctrico durante la vida útil del sistema: cubrir los gastos de mantenimiento, sueldos de operadores, costos de reposición de los equipos, etc.

Un esquema de pagos típico incluirá:

- Cuota de conexión, pago inicial para acceder al servicio.
- Cuota del servicio, pago periódico por consumo de energía.
- Penalizaciones, por incumplimiento de las condiciones del servicio.

En cuanto a la cuota del servicio, podrá diferenciarse o no según el consumo eléctrico dependiendo de la tecnología implementada y de los acuerdos del servicio:

- Tarifa plana
- Tarifa diferenciada según el servicio o la tipología de vivienda
- Tarifa regulada según consumo

b) Contratos

Los compromisos establecidos entre los diferentes actores deben ser especificados en diferentes contratos detallados respetando la legalidad vigente para asegurar su debido cumplimiento.

En la presente fase de identificación, en la elaboración del plan de acción, será necesario firmar un acuerdo de colaboración que comprometa a la comunidad beneficiaria a cumplir con los compromisos adquiridos en relación a la aceptación del proyecto formulado incluyendo el modelo de gestión, la cuantía y tipología de las tarifas, etc..

Ya en la fase de ejecución del proyecto se llevará a cabo la firma del resto de contratos que regulen las relaciones entre los actores, sin embargo, si por las características del proyecto ya se dispone de dichos contratos, conviene que éstos se presenten a la comunidad para que ésta pueda estudiarlos.

c) Reglamentos

La función de los reglamentos es establecer los derechos y deberes de cada uno de los actores. Los reglamentos suponen un incentivo al cuidado y buen uso de los sistemas. Definen cómo pueden ser utilizados los sistemas fotovoltaicos y penaliza aquellos usos indebidos bien con multas o mediante retirada de los sistemas.

3.3.6 Taller de acción

Paso 20. Presentación y discusión de los resultados del DRP

Se presentará a la comunidad los resultados del estudio previo de viabilidad relativo a la provisión del servicio eléctrico, y de los estudios destinados a la resolución de otros problemas si los hubiere, y se abrirá un proceso de discusión y corrección de los mismos.

Respecto al proyecto de dotación del servicio eléctrico, especialmente importante será alcanzar acuerdos sobre los siguientes puntos:

- Alternativa tecnológica escogida por la comunidad
- Sistema de gestión, pago tarifas y compromisos con los otros actores

Para finalizar se elevará un acta con los acuerdos y compromisos adoptados por las partes que deberá ser firmado por los miembros del equipo coordinador del DRP, así como por todos los participantes en la asamblea comunitaria.

Paso 21. Plan de acción comunitario

Posteriormente se procederá a elaborar un plan de acción comunitario que determinará, para cada una de las soluciones acordadas, las actividades a realizar para lograr las mejoras y cambios deseados que resuelvan los problemas de la comunidad. Se trata por tanto, de un instrumento que servirá de orientación a los habitantes de la comunidad para alcanzar la situación deseada. Por ello, resulta fundamental que sea elaborado completamente por los habitantes de la comunidad, en este paso como en el anterior el grupo de coordinación puede facilitar la comunicación y la participación, pero no implicarse en la toma de decisiones.

ACTIVIDADES	RESPONSABLES	FECHAS											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

Ficha de trabajo 11. Plan de acción de desarrollo comunitario

Incluso aunque la comunidad decida que no desea la solución tecnológica de los sistemas fotovoltaicos individuales, la realización de este paso significa que el DRP ha sido un éxito pues ha fortalecido la organización de los habitantes de la comunidad y éstos han puesto en marcha un plan de desarrollo propio.

3.3.7 Informe final

Una vez finalizado el DRP, será responsabilidad del grupo de coordinación del DRP realizar un informe con la interpretación y puesta en orden de la información recogida, que permita mejorar el conocimiento de la comunidad y que pueda ser puesto en un formato que sea fácil de manejar y entender por la comunidad, lo que no excluye que se realice otro informe más formal para la entidad financiadora del DRP.

Este informe será la base para realizar estudio de viabilidad final del proyecto de electrificación y de los demás proyectos de desarrollo que la comunidad quiera realizar.

El informe será presentado ante la comunidad, que podrá hacer las correcciones oportunas antes de que este informe tenga un carácter definitivo. En el momento en que lo sea, se entregarán copias del mismo a la comunidad, al equipo de DRP y a todas aquellas instituciones y organizaciones que puedan tener interés en el desarrollo de la comunidad.

Un formato tipo de informe final se presenta en el Anexo A.3.

3.4 Formulación: Estudio final

3.4.1 Ingeniería de proyecto

Normativa

A fin de asegurar la calidad técnica de la instalación, se deberá cumplir con la normativa de aplicación en el país donde se desarrollará el proyecto. En el caso de no existir normativa referente a sistemas fotovoltaicos individuales o de que la existente no sea fiable, se utilizará el Estándar Técnico Universal para Sistemas Fotovoltaicos Individuales [28].

Cálculos

A continuación se describe una serie de cálculos que se pueden utilizar de referencia para el diseño de sistemas fotovoltaicos. Un diseño profesional requerirá sin embargo de una bibliografía especializada, por lo que se recomienda recurrir a los manuales referenciados en la bibliografía [29][30].

Actualización de la demanda

La demanda prevista en el estudio previo de viabilidad se actualizará conforme a las sugerencias y aportes de la comunidad en la asamblea comunitaria. El diseño definitivo de los sistemas fotovoltaicos debe contemplar esta revisión de las cargas: la comunidad es la que va a elegir las cargas que va a conectar al sistema, por tanto el sistema se tiene que adaptar a los usuarios y en menor medida, los usuarios deben adaptarse a lo que puede ofrecerles el sistema.

Esquema del sistema fotovoltaico

El esquema general de un sistema fotovoltaico aislado capaz de alimentar cargas de continua y de alterna es el que se muestra en la siguiente figura: un conjunto de módulos fotovoltaicos generan energía, que se puede almacenar en un acumulador cuya carga y descarga es controlada por el regulador y dónde el inversor transforma la corriente continua en alterna.

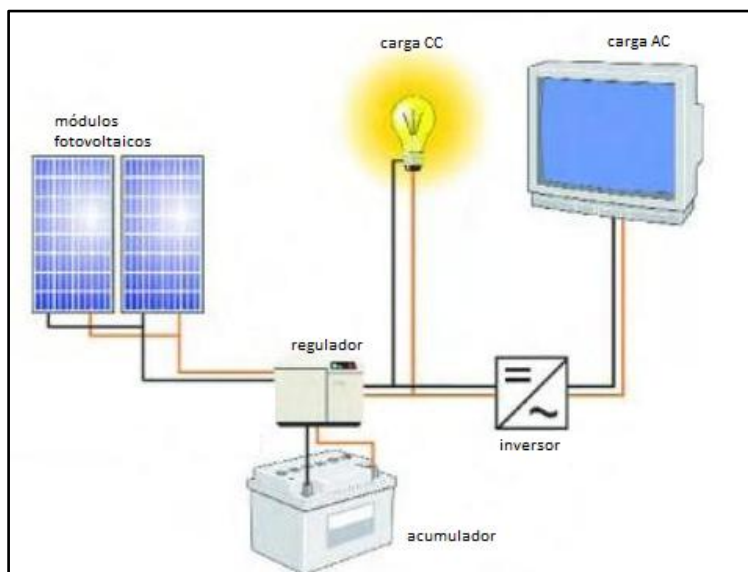


Figura 3. Esquema de un sistema fotovoltaico básico

Selección del voltaje nominal

La determinación del voltaje nominal de la instalación definirá el modelado de todo el equipamiento de los sistemas fotovoltaicos: el número y características de los módulos, el inversor, de las baterías y del regulador.

Los voltajes de operación se seleccionarán según sean las cargas consideradas previamente y sus valores típicos para sistemas fotovoltaicos individuales son los siguientes:

- 12V para sistemas < 500W
- 24V para sistemas >500W y <3.000W
- 48V para sistemas >3.000W

Selección del inversor

Si existen cargas en alterna, se procederá a escoger un inversor teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- La tensión y frecuencia de trabajo.
- La potencia instalada, que definirá la potencia nominal del inversor.
- El pico de potencia, que definirá la potencia máxima que debe ser capaz de soportar el inversor.
- El grado de estanqueidad.

Diseño de generador

El tamaño del generador fotovoltaico debe ser tal que asegure que la energía producida durante el mes peor de radiación solar del año sea, al menos, igual a la demanda de las cargas más las pérdidas.

Por un lado tenemos que la energía demandada al sistema fotovoltaico por las cargas será igual a:

$$E = E_{CC} + E_{CA}/\eta_{INV} \quad (3)$$

donde:

E_{CC} energía demandada por las cargas de continua

E_{CA} energía demandada por las cargas de alterna

η_{INV} rendimiento del inversor

A continuación se procederá a calcular la energía que deberá suministrar el generador fotovoltaico teniendo en cuenta el grado de eficiencia total del sistema mediante la estimación de las pérdidas:

$$E_C = \frac{E}{\eta_{MP} \cdot \eta_R \cdot \eta_B \cdot \eta_C} \quad (4)$$

donde:

η_{MP} Desviación del punto óptimo de trabajo del generador. En un sistema aislado, la tensión del punto de trabajo depende de la tensión de carga que impone la batería y la corriente depende de la radiación solar. Por

	tanto, la potencia que ofrece un generador no coincide con la potencia nominal del mismo. Teniendo esto en cuenta, las pérdidas por desviación del punto óptimo de trabajo se pueden estimar en alrededor de un 20%.
η_R	Rendimiento (eficiencia) del Regulador
η_B	Rendimiento de la Batería
η_C	Pérdidas en conductores, debidas a caídas de tensión y efecto Joule.

Para determinar el tamaño del generador fotovoltaico se elegirá una marca y modelo de módulos o varios con el fin de comparar y escoger la mejor opción. Para cada módulo seleccionado se calcula la energía que puede generar cada día del mes peor, según la siguiente fórmula:

$$E_{FV} = V_{MAX} \cdot I_{MAX} \cdot HSP \quad (5)$$

donde:

V_{MAX}	tensión máxima del módulo en condiciones STC (25°C y 1000W/m ²)
I_{MAX}	corriente máxima del módulo en condiciones STC
HSP	horas solares pico diarias del peor mes del año

El número de módulos necesario debe satisfacer toda la energía que requiere el sistema contemplando las pérdidas:

$$n_{mod-total} = E_C / E_{FV} \quad (6)$$

De este total de módulos, el número de módulos en serie se escoge para que satisfaga la tensión nominal del sistema.

$$n_{mod-serie} = \frac{V_{MAX}}{V_N} \quad (7)$$

Y el número de módulos en paralelo:

$$n_{mod-paralelo} = \frac{n_{mod-total}}{n_{mod-serie}} \quad (8)$$

Diseño de batería

Dado que la vida útil de las baterías oscila entre los 3 y los 8 años, si la vida del proyecto se prevé en 20 años, se puede apreciar que será necesario sustituir varias veces las baterías incurriendo en unos importantes costes de reposición en cada ocasión.

El objeto principal del diseño de la batería debe ser minimizar las reposiciones de las baterías alcanzando el compromiso óptimo entre coste de inversión inicial y vida útil de las mismas.

El cálculo de las baterías se realiza a partir de:

$$Q = \frac{A \cdot E_C}{V_N} \cdot T \cdot \eta_{INV} \cdot \eta_B \quad (9)$$

donde:

- A días de autonomía
T profundidad admisible de descarga

Se seleccionará los días de autonomía tomando como referencia los siguientes valores:

MES PEOR	Usos domésticos	Usos críticos
Muy nublado	5	10
Variable	4	8
Soleado	3	6

Tabla 8. Días de autonomía recomendados

En cuanto a la profundidad máxima de descarga, que determina cuánto se va a descargar la batería pasados los días de autonomía seleccionados, la cual deberá ser configurada en el regulador de carga, se escogerá un valor máximo del 60%. Para alargar la vida útil de la batería es conveniente que este valor sea lo más bajo posible, si bien la capacidad necesaria de baterías aumenta, incrementándose con ello los costes.

Selección de regulador

La selección del regulador se realizará según los siguientes criterios:

- La tensión nominal de trabajo, que coincide con la tensión nominal del sistema fotovoltaico.
- La corriente demandada, que deberá ser un 25% mayor que la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico

$$I_{N-reg} \geq 1,25 \cdot I_{CC-SFV} \quad (10)$$

donde:

- I_{N-reg} corriente nominal del regulador
 I_{CC-SFV} corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico

Selección de cableado y protecciones

En el cálculo de la sección del cableado se deberán satisfacer simultáneamente el criterio de de intensidad máxima admisible, de máxima caída de tensión y de intensidad de cortocircuito. Se distinguirán los siguientes circuitos:

- Generador a regulador $\Delta U_{max} = 0,5\%$
- Regulador a batería $\Delta U_{max} = 0,5\%$
- Batería a inversor $\Delta U_{max} = 0,25\%$
- Inversor a interruptor general circuito CA $\Delta U_{max} = 0,25\%$
- Regulador a interruptor general circuito CC $\Delta U_{max} = 0,5\%$
- Línea principal de alumbrado $\Delta U_{max} = 3\%$
- Línea principal de equipos $\Delta U_{max} = 3\%$

Los circuitos se calcularán a partir de la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\Delta U_{AB}} \quad (11)$$

donde:

S	sección de los conductores en mm ²
L	longitud del tramo en m
I	corriente máxima en amperios
ρ	resistividad del conductor en Ωm
ΔU_{AB}	caída de tensión máxima en el tramo en Voltios
$\cos \varphi$	factor de potencia (1 para CC)

Se colocarán fusibles o interruptores magnetotérmicos en cada uno de los tramos atendiendo a la normativa del país en cuestión. Para el tramo de corriente alterna a partir de la salida del inversor se colocará un interruptor diferencial que se dispare por fuga de corriente de 30mA y que soporte la intensidad máxima del circuito.

Tanto los módulos como la estructura soporte deben estar conectados a tierra. A la misma pica de tierra se conectarán también el resto de componentes del sistema. También resulta necesaria la ubicación de varistores para derivar a tierra las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas.

Planificación de operación y mantenimiento

Una vez diseñados los sistemas fotovoltaicos, será necesario realizar una planificación de la gestión de la operación y mantenimiento, que se integrará en el modelo de gestión ya diseñado y aprobado previamente por los beneficiarios, y que incluya ahora los siguientes aspectos que influirán directamente en los costes del servicio y en la inversión necesaria:

- Repuestos: seleccionar aquellos componentes del sistema tales como inversores, reguladores, fusibles, focos, etc. que ante el caso de avería de un componente del sistema fotovoltaico, permitan la sustitución de los mismos durante el tiempo que dura la reparación garantizando la continuidad del servicio eléctrico.
- Personal necesario, incluyendo desde el personal capacitado para realizar el mantenimiento preventivo al personal cualificado capaz de realizar reparaciones avanzadas.
- Herramientas necesarias para que los operadores técnicos puedan realizar su trabajo.

3.4.2 Matriz del proyecto

Partiendo de las conclusiones del taller de acción con la población beneficiaria se podrá definir claramente los objetivos generales, específicos y operativos del proyecto, así como estimar los indicadores que permitirán medir su consecución y los factores externos que pueden influir en su consecución.

Por otro lado, se definirán todas las actividades necesarias para conseguir los objetivos propuestos, así como los recursos humanos, materiales, económicos y permisos necesarios para desarrollarlas.

Toda la lógica de intervención del proyecto puede quedar expresada mediante una matriz que según el modelo del enfoque del marco lógico, sería la siguiente:

Objetivo de desarrollo: El objetivo de más alto nivel que se espera que el proyecto contribuya a conseguir (en relación a la población de referencia)	Indicadores: Medidas (directas o indirectas) para verificar en qué medida se alcanza el objetivo de desarrollo.	Factores externos: Decisiones, condiciones o acontecimientos importantes necesarios para sostener los objetivos en el largo plazo.
Objetivos específicos: El efecto que se espera conseguir como resultado del proyecto.	Indicadores: Medidas para verificar en qué medida se alcanza el objetivo específico.	Factores externos: Condiciones, acontecimientos, importantes o decisiones fuera del control del proyecto que deben prevalecer para que pueda llegarse al objetivo de desarrollo.
Productos: Los resultados del proyecto que podrían garantizarse.	Indicadores: Medidas para verificar en qué medida tienen que producirse los productos.	Factores externos: Condiciones, acontecimientos, importantes o decisiones fuera del control del proyecto que deben prevalecer para la consecución del objetivo específico.
Actividades: Las actividades que tienen que realizarse a lo largo del proyecto con el fin de alcanzar los productos.	Recursos: Recursos necesarios para llevar a cabo las actividades.	Factores externos: Condiciones, acontecimientos, importantes o decisiones fuera del control del proyecto que deben prevalecer para la producción de los productos.

Tabla 9. Matriz de proyecto

Tras estimar los tiempos de realización de cada actividad, se distribuirán el conjunto de actividades en un cronograma, basado en el elaborado en el taller de acción por los beneficiarios pero con más detalle, de tal forma que se pueda apreciar la duración total del proyecto.

3.4.3 Presupuesto definitivo y estudio económico-financiero final

Una vez definidas exactamente las necesidades de equipamiento, los recursos necesarios para desarrollar las actividades y los tiempos de ejecución, se puede ya elaborar un presupuesto final del proyecto que contemple las distintas partidas.

Con un presupuesto de ejecución definitivo, se realizará un estudio financiero final y un estudio de flujo de caja, con los ingresos y gastos previstos, incluyendo las depreciaciones y reposiciones del equipamiento.

Se aplicarán ya los costes previstos a la inversión inicial considerando:

- Gastos de equipamiento. Anticipación, en la medida de lo posible, de los incrementos de costes debidos a condiciones de mercado.
- Tasas e impuestos. Según el país las tasas a la importación de equipamiento varían notablemente. Además, se deberá prever el efecto de la inflación que pudiera encarecer el precio del equipamiento.
- Gastos de personal.
- Gastos operativos, de oficina, administración, comunicaciones, transporte, etc.
- Gastos del proceso de sostenibilidad. Si bien este coste puede incluirse tanto en costes de personal como en los gastos operativos, merece la pena separarlo con el fin de que el financiador pueda valorar cuánto incrementa el coste típico del proyecto la incorporación de una metodología participativa. Se podrá apreciar normalmente que este incremento de coste es de alrededor del 5% del costo total del proyecto.

Por otro lado se valorarán todos los ingresos previstos en el proyecto, para que ya valorados también los costos, se pueda calcular el flujo de beneficios netos para la duración prevista del proyecto.

A partir de los flujos de beneficios netos, deben calcularse los indicadores de rentabilidad Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

El valor actual neto se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_o \quad (12)$$

donde:

I_o	inversión inicial
V_t	flujo de caja del año t
n	número de años
k	tipo de interés

Si el VAN es positivo es conveniente ejecutar el proyecto y si es negativo no es conveniente ejecutarlo.

La tasa interna de retorno mide la rentabilidad promedio del proyecto. Se calcula como la tasa de descuento que hace nula la VAN de acuerdo a la ecuación (12):

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_o = 0$$

Si la TIR es mayor que la tasa social de descuento (el costo de oportunidad para el financiador del proyecto de los recursos invertidos) es conveniente ejecutar el proyecto y si es menor no es conveniente.

3.4.4 Documento del proyecto

La formulación consiste en el volcado de toda la información trabajada anteriormente en los formatos establecidos por las entidades financiadoras. Con el documento de proyecto, la fuente financiadora realizará una evaluación sobre la viabilidad y la pertinencia del proyecto y en base a la misma adoptará la decisión de financiar o no.

Cada fuente financiadora suele solicitar formatos con distintas estructuras, pero por lo general, es habitual que contengan puntos comunes. Se debe detallar toda la información relativa al proyecto diseñado: el análisis final de identificación, el estudio de línea de base que permita al financiador evaluar posteriormente los resultados, los estudios económico-financieros, planificación y presupuestos.

En caso de que la fuente no disponga de un formato específico, se puede elaborar un documento de proyecto general. En el Anexo A.3 se presenta un formato tipo.

3.5 Evaluación participativa

3.5.1 Introducción

La evaluación es un proceso de análisis y reflexión cuyo propósito es analizar los resultados de las actividades desarrolladas durante la ejecución del proyecto, valorar si la estrategia del proyecto fue adecuada para conseguir los resultados esperados y recopilar la información que facilite el proceso de aprendizaje que dé lugar a un ajuste y mejora del proyecto y de proyectos similares.

Toda evaluación requiere de un estudio de línea de base, que será el referente que permita comparar la situación inicial antes de comenzar el proyecto, con una serie de momentos posteriores en el tiempo.

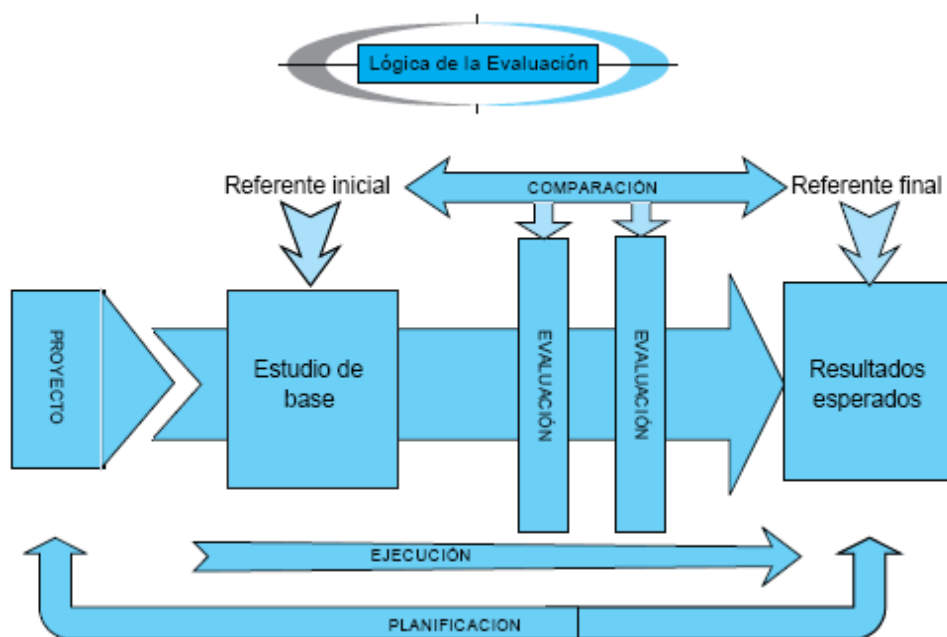


Figura 4. Lógica de la evaluación de un proyecto de desarrollo

La presente metodología propone una evaluación participativa que estará caracterizada por:

1. El involucramiento de los beneficiarios del proyecto y demás actores locales relacionados en la toma de decisiones: la elección de los indicadores, el método de recolección, procesamiento y análisis de los datos y finalmente la utilización final de los resultados obtenidos.
2. Convertir a los beneficiarios en usuarios y productores de conocimiento, mediante el aprendizaje y la adquisición de capacidades para analizar, reflexionar, negociar y adoptar herramientas de toma de decisiones para la mejora de sus prácticas.
3. Aprovechar los aprendizajes adquiridos por los beneficiarios y los hallazgos para revisar la estrategia del proyecto y ajustar los resultados esperados.

Esta etapa se compone de las siguientes fases y sus respectivos pasos:

FASE	PASO	GRUPO COORDINACIÓN	EQUIPO EVALUACIÓN	COMUNIDAD
1 Pre-planificación	1 Definición del objeto y propósitos	OK	-	-
	2 Selección del equipo	OK	-	-
	3 Definición del marco de referencia	OK	-	-
	4 Diseño del proceso de evaluación participativa	OK	-	-
2 Planificación	5 Presentación y capacitación	OK	OK	-
	6 Formulación de preguntas orientadoras, indicadores, fuentes y técnicas	OK	OK	-
	7 Desarrollo de instrumentos de recolección de la información	OK	OK	-
	8 Desarrollo del plan de evaluación definitivo	OK	OK	-
	9 Definición de los mecanismos de asimilación de aprendizajes	OK	OK	-
3 Desarrollo	10 Estudio de línea de base	OK	OK	OK
	11 Evaluaciones sociales	OK	OK	OK
	12 Evaluaciones técnicas	OK	OK	OK
	13 Análisis de la información recolectada	OK	OK	-
5 Análisis final	14 Lecciones aprendidas	OK	OK	OK
	15 Análisis del proceso	OK	OK	OK
	16 Memoria final	OK	OK	-
6 Informe final	17 Desarrollo de plan de acción	OK	OK	-

Tabla 10. Fases y pasos de la etapa de evaluación participativa

3.5.2 Pre-planificación

Al comienzo de esta fase corresponde al **coordinador de la evaluación** decidir, en función del contexto y de los recursos disponibles, qué fases y pasos de la presente metodología corresponde llevar a cabo.

Paso 1. Definición del objeto y los propósitos de la evaluación

En primer lugar se debe definir el objeto de la evaluación, es decir, qué se quiere cambiar, qué alcance global tiene la evaluación y con qué criterios se pueden observar los cambios. El enunciado del objeto debe ser simple y conciso, de tal forma que cualquier persona pueda entenderlo.

A continuación resulta necesario reflexionar sobre los propósitos de la evaluación, que dependerán del objeto de la evaluación y del marco de referencia del proyecto (presupuesto, posibilidad de replicar o no el proyecto, recursos, etc.). Con esto la evaluación resultará más eficaz, pues reduce al mínimo las posibilidades de recolectar información que no se precisa realmente con la consecuente pérdida de tiempo y recursos que ello implicaría [25].

Más adelante se presentará este objeto y propósitos al equipo de la evaluación, permitiendo la revisión y reformulación de los mismos en caso necesario.

Paso 2. Selección del equipo de evaluación

El equipo de evaluación tendrá la responsabilidad de facilitar, organizar, analizar y presentar los resultados del proceso de evaluación. De igual forma que en la fase de identificación, el **grupo de coordinación** seleccionará a los participantes del equipo de evaluación, que deberá incluir a mujeres y hombres representativos de la comunidad, personal operativo del proyecto, representantes de instituciones locales y gubernamentales u ONGs que trabajen en proyectos parecidos.

El criterio de selección deberá contemplar no sólo la representatividad y lo que pueden aportar a la evaluación, sino también lo que pueden aprender de la misma y cómo lo podrá aprovechar la comunidad beneficiaria.

Paso 3. Definición del marco de referencia

El marco de referencia permitirá que los miembros del equipo de evaluación compartan un entendimiento común acerca de los objetivos, estrategias y el enfoque del proyecto. Corresponde al equipo de coordinación de la evaluación recopilar la documentación disponible sobre el proyecto y resumirla en un cuadro simple y directo que permita una rápida asimilación por parte de los miembros del equipo de evaluación.

Paso 4. Diseño del proceso de evaluación participativa

Por último, el grupo de coordinación de la evaluación preparará un plan de trabajo y un presupuesto para llevar a cabo la segunda fase: el taller de planificación. Deberán quedar establecidos los resultados esperados del taller.

3.5.3 Taller de planificación de la evaluación

En esta segunda fase intervienen todos los miembros del equipo de evaluación identificados en la primera fase.

Paso 5. Presentación y capacitación

Se comienza presentando el marco de referencia a los participantes, las actividades a desarrollar durante el taller y lo que se espera de cada uno de los miembros del equipo de evaluación.

Se llevarán a cabo posteriormente unas sesiones de formación en la metodología de evaluación participativa. El objetivo que se persigue es fortalecer las capacidades de los participantes.

Paso 6. Formulación de preguntas orientadoras, indicadores, fuentes y técnicas

Para determinar las variables que resulta necesario analizar y los indicadores a medir durante la evaluación, resulta necesario formular previamente una serie de preguntas sobre los resultados previstos en el proyecto. Los participantes del taller deberán trabajar en la formulación de estas preguntas partiendo de la base del marco de referencia. Una vez determinada la pregunta, se definirán los indicadores cualitativos o cuantitativos que permiten responder a la misma.

Para cada indicador se deberá identificar de dónde se obtendrán los datos:

- Los informantes, personas que disponen de los llamados datos primarios
- Las fuentes, documentación preexistente antes del proyecto y que proporciona datos llamados secundarios.

Si no es posible encontrar los datos primarios o secundarios necesarios para un indicador significa que ese indicador se debe descartar, puesto que no es posible medirlo de ninguna manera y por tanto no aporta nada a la evaluación.

Por último, en función de las necesidades de información que se han determinado, se seleccionan las técnicas e instrumentos más convenientes para cada pregunta e indicador formulados.

Resultados	Preguntas orientadoras	Indicadores a medir	Fuentes de información	Técnica de recolección de información

Ficha de trabajo 12. Preguntas orientadoras, indicadores, fuentes y técnicas

Paso 7. Desarrollo de los instrumentos de recolección de la información

A partir de la tabla de planificación anterior, se preparará para cada pregunta de evaluación, y para cada categoría de personas de las que se ha determinado recolectar la información, una o más preguntas de encuesta o elementos de observación hasta llegar a desarrollar una guía para entrevistas.

Las guías para entrevistas constituirán un conjunto de preguntas abiertas que se pueden utilizar con una persona o un grupo para recolectar información cualitativa detallada. La guía de entrevista permitirá orientar al encuestador y adaptar o modificar las preguntas hasta cierto grado, durante el desarrollo de la entrevista

El equipo de evaluación preparará una guía para la entrevista/observación para cada categoría de personas a ser encuestadas: técnicos de mantenimiento y operación de los sistemas fotovoltaicos, representante del comité de usuarios, técnico de la empresa eléctrica, facilitadores de desarrollo, etc. A pesar de que las guías para cada una de las diferentes categorías de personas a entrevistar, serán distintas, muchas de las preguntas serán las mismas, ya que éstas son pertinentes para más de una categoría.

Paso 8. Desarrollo del plan de evaluación definitivo

En este paso, el grupo de coordinación de la evaluación presentará una propuesta sobre la muestra de personas a ser entrevistadas en cada lugar y el cronograma para la recolección de información, con el fin de que el equipo de evaluación pueda adoptar las decisiones finales relacionadas con las características y el número de cada tipo de

personas a ser entrevistadas por lugar, así como también acerca del cronograma detallado de visitas.

Como el tiempo es limitado y la población puede ser grande, no se puede aplicar el cuestionario a todo el mundo. Es por ello que se deberá seleccionar una muestra de la población acotada a un área concreta de la comunidad y que sea representativa de las personas que vivan en ella. El tamaño de la muestra debe oscilar entre el 10% de las familias (poblaciones hasta 500 habitantes) y el 5% (más de 500 habitantes).

Paso 9. Definición de los mecanismos de asimilación de los aprendizajes

Para garantizar que las ideas, reflexiones y aprendizajes del proceso de reflexión son aprovechados e incorporados en el proyecto actual o proyectos similares se deberá:

- Elaborar una memoria
- Capacitar a los actores locales
- Realizar modificaciones en la gestión del proyecto o redefinir la estrategia de intervención
- Determinar cómo se van a comunicar los resultados

3.5.4 Desarrollo de la Evaluación

Paso 10. Estudio de línea de base

El estudio de línea de base es una encuesta descriptiva que nos permite obtener información cuantitativa sobre el estado actual de la comunidad. Será utilizado para poder comparar la situación de la comunidad durante la etapa de ejecución y evaluación, respecto a un referente inicial sin proyecto.

El momento idóneo para su realización es justo después del taller de acción en la fase de diagnóstico rural participativo o bien justo antes de comenzar la ejecución del proyecto.

Paso 11. Evaluación social

En el desarrollo de la evaluación social, se utilizarán las guías para las entrevistas desarrolladas en el taller de planificación.

Paso 12. Evaluación técnica

La evaluación técnica será desarrollada por un técnico del grupo de coordinación de la evaluación acompañado del técnico comunitario.

Se supervisará si las tareas de mantenimiento se están realizando correctamente, tanto aquellas que son responsabilidad del técnico comunitario encargado de la gestión y mantenimiento, como de los usuarios.

Se recogerán los datos de funcionamiento y consumo de los *datalogger* de los reguladores con el fin de poder estudiar la evolución de los consumos en los hogares y servicios comunitarios.

Se revisarán los cuadernos de mantenimiento de los técnicos comunitarios para detectar posibles usos indebidos o fallas comunes de funcionamiento del equipamiento.

Se tomarán medidas de los sistemas que serán realizadas por los técnicos que realicen la operación y mantenimiento de los sistemas conjuntamente con los técnicos facilitadores de desarrollo. En el anexo A.4 figuran unas tablas de mediciones típicas para evaluar el funcionamiento de los sistemas.

Paso 13. Análisis de la información recolectada

Al finalizar la fase de recolección de la información, los hallazgos deberán ser sintetizados: para cada pregunta de evaluación corresponderá un solo hallazgo. En este análisis de información, conviene separar aquella que proviene de la evaluación social, de la que proviene de la evaluación técnica.

La información recopilada en la evaluación social deberá ser analizada de forma inmediata el mismo día de su toma. La razón reside en que en la entrevista no se toma nota de todo y la información recibida es cualitativa, por lo que cuánto antes se sistematice la misma menos opciones hay de olvidar detalles y apreciaciones importantes.

La información técnica se estudiará con el fin de identificar problemas que pudieran requerir de algún tipo de intervención o modificación en el diseño o configuración de los sistemas.

3.5.5 Análisis final

Terminado el trabajo de campo de la evaluación se celebrará un nuevo taller con el equipo de evaluación con el objetivo de que sus miembros sean los que reflexionen acerca de las lecciones aprendidas y los hallazgos del proceso de evaluación.

Paso 14. Lecciones aprendidas

Las lecciones aprendidas no incluyen tan sólo los problemas detectados, sino que deben incluir todos los aspectos positivos del proyecto. Para ello, para cada hallazgo correspondiente a las preguntas de evaluación deberá generarse una o varias lecciones aprendidas. La discusión entre los miembros del equipo de evaluación será fundamental para que éstos puedan asimilar mejor estas lecciones.

Paso 15. Análisis del proceso de evaluación

Por último se llevará a cabo una reflexión sobre el proceso mismo de evaluación, a fin de incorporar mejoras en futuras evaluaciones.

Paso 16. Memoria final

Como último paso corresponderá al grupo de coordinación de la evaluación plasmar en un documento todas las conclusiones del taller de análisis con el equipo de evaluación.

3.5.6 Desarrollo de plan de acción

Con el fin de que los hallazgos y recomendaciones sean incorporados al proyecto, se deberá realizar un plan de acción que defina exactamente cómo se deben incorporar las lecciones aprendidas, asignando responsabilidades, actividades y plazos de tiempo.

Capítulo 4

Ejemplo de aplicación

4 Ejemplo de aplicación

En el presente capítulo se mostrará mediante un ejemplo la aplicación práctica de la metodología. El ejemplo está basado en una experiencia real: un estudio de electrificación de una comunidad rural aislada en el Ecuador que incluye las etapas de identificación y formulación. Dado que, en aquel entonces, no se había desarrollado la presente metodología, lo que se presenta a continuación consiste en ejemplificar cómo se habría realizado de haber seguido sus pasos. Es decir, es una adaptación y mejora de un estudio real, que también hizo uso de herramientas participativas, realizado por el autor del presente proyecto de fin de carrera y por Fundación Ecuatoriana de Tecnología Apropriada (FEDETA).

4.1 Diagnóstico Rural Participativo

4.1.1 Pre-planificación

Paso 1. Definición del Contexto

En el año 2008 el Gobierno de Ecuador lanzó el Programa de Energización Rural y Electrificación Urbano Marginal, con el propósito de acelerar el desarrollo de la electrificación rural y urbano marginal para alcanzar una cobertura en todo el territorio nacional.

Para ello se estableció un Plan Quinquenal que, para el periodo 2008-2012, provee de unos recursos anuales de 120 millones de euros a la dotación del servicio eléctrico para nuevos usuarios, mejoras del servicio eléctrico existente y otras partidas relacionadas.

FINANCIAMIENTO DE LA ENERGIZACIÓN RURAL Y ELECTRIFICACIÓN URBANO-MARGINAL CON APORTES DEL FERUM Y GOBIERNO NACIONAL PERÍODO 2008-2012						
	Año 1 2008	Año 2 2009	Año 3 2010	Año 4 2011	Año 5 2012	Total 2008-2012
Financiamiento						
FERUM	48.000.000					48.000.000
Aporte Gobierno	120.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000	600.000.000
Total Financiamiento	168.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000	648.000.000
Inversiones						
Expansión del Servicio Eléctrico para Nuevos Usuarios	63.208.150	65.104.395	67.057.526	69.069.252	71.141.330	335.580.653
RURAL	34.603.604	35.641.712	36.710.963	37.812.292	38.946.661	183.715.233
Red	32.803.604	33.787.712	34.801.343	35.845.384	36.920.745	174.158.789
Renovables	1.800.000	1.854.000	1.909.620	1.966.909	2.025.916	9.556.444
URBANO MARGINAL	28.604.546	29.462.682	30.346.563	31.256.960	32.194.669	151.865.420
Mejoras del Servicio Eléctrico	83.055.925	38.011.803	42.166.407	40.857.839	37.353.144	241.445.118
Déficit de Generación	7.095.925	7.308.803	7.528.067	7.753.909	7.986.526	37.673.230
Otras Inversiones	14.640.000	9.575.000	3.248.000	2.319.000	3.519.000	33.301.000
Inversión manejo ambiental	1.800.000	1.800.000	1.200.000	400.000	200.000	5.400.000
Estudios de Planificación de Sistemas de Distribución	7.500.000	5.000.000	500.000	500.000	500.000	14.000.000
Grúas y vehículos de trabajo	1.400.000	0	0	0	1.400.000	2.800.000
Centros de Formación	2.940.000	1.775.000	548.000	419.000	419.000	6.101.000
Centros de Acopio de Repuestos	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	5.000.000
Total Inversiones	168.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000	648.000.000

Tabla 11. Financiamiento de la energización rural en el Ecuador. CONELEC

El suministro de energía para las áreas sin servicio y para aquellas que sí lo disponen, se realizaría bajo las siguientes líneas de acción:

- Desarrollar programas de energización rural para llegar a todas las regiones, mediante la construcción de redes eléctricas.

- Desarrollar programas de electrificación para los sectores urbanos-marginales, mejorando la calidad de servicio, aportando además con la reducción de pérdidas técnicas y no técnicas.
- Fortalecer la infraestructura de redes existentes (aguas arriba), mejorando la calidad de provisión de la energía eléctrica a las unidades de producción agropecuarias que ya cuentan con el servicio.
- Desarrollar programas de penetración masiva de energías renovables en las regiones rurales apartadas de la red convencional, particularmente ubicadas en la región amazónica y en las provincias de Esmeraldas, Manabí y otras.

El gran beneficio previsto con el cumplimiento de estos lineamientos, en especial este último, sería la preservación de la biodiversidad de la región Amazónica, considerada pulmón del planeta, además de la preservación de las raíces culturales de las nacionalidades indígenas, que constituyen una parte importante del patrimonio cultural del Ecuador.

El mecanismo de asignación de fondos es el siguiente:

1. Una Empresa Eléctrica, Municipio, Junta parroquial, ONG u donante particular financia con sus propios recursos un estudio de electrificación de una comunidad.
2. El estudio se presenta en una convocatoria anual al Consejo Nacional de la Electricidad (CONELEC) y a la Empresa Eléctrica Distribuidora concesionaria de la zona.
3. Si el estudio cumple los requisitos el CONELEC aprueba el proyecto y asigna los fondos necesarios para ejecutar el proyecto a la Empresa Eléctrica Distribuidor.
4. La Empresa Eléctrica Distribuidora convoca un concurso para la ejecución del proyecto a la que pueden presentarse empresas u ONGs.

En este contexto, FEDETA de acuerdo a su misión de aprovechar las tecnologías apropiadas para mejorar la calidad de vida de las comunidades más desfavorecidas del Ecuador, ofrece a distintos actores (municipios, ONGs, empresas privadas) la posibilidad de financiar estudios de electrificación rural de diversas comunidades rurales aisladas. Dichos estudios serán presentados al CONELEC con el fin de obtener la financiación necesaria para poder ejecutar los respectivos proyectos. El ejecutor del proyecto será el licitante que gane el concurso que convoque la empresa eléctrica distribuidora.

El estudio que se presenta como ejemplo de aplicación, tiene su origen en el patrocinio de una empresa privada que decide financiar, como parte de su línea de responsabilidad social corporativa, un estudio para dotar de electricidad a una comunidad rural aislada en la provincia de Esmeraldas, cantón Quinindé.

Con los fondos asignados, se procederá a realizar la identificación y formulación de un proyecto de electrificación rural siguiendo la metodología participativa de desarrollo de proyectos de electrificación rural.

Paso 2. Análisis preliminar

Paralelamente a la identificación de las comunidades candidatas, se realiza un análisis preliminar partiendo de la experiencia de FEDETA con las comunidades rurales aisladas del Ecuador, así como de informes de desarrollo elaborados por el Ministerio de Planificación del Ecuador:

PROBLEMAS DEL DESARROLLO	PRÓPOSITO DEL PROYECTO	PROBLEMAS PRINCIPALES	OBJETIVOS DEL PROYECTO	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO
<p>Bajos ingresos económicos</p> <p>No existen adecuadas vías de acceso a la comunidad</p> <p>No existe servicio de suministro de agua potable y saneamiento básico</p> <p>El servicio educativo es deficiente</p> <p>El centro de salud está muy lejos y las medicinas son caras</p> <p>Baja o nula cobertura telefónica</p> <p>Las autoridades no satisfacen lo servicios que requiere la comunidad</p>	<p>Mejora de la calidad de vida de los habitantes de la comunidad identificada mediante dotación del servicio eléctrico y fortalecimiento comunitario</p>	<p>La comunidad no dispone de servicios básicos</p>	<p>Dotación del servicio eléctrico para usos domiciliarios y comunitarios</p> <p>Capacitación y fortalecimiento de la organización comunitaria mediante capacitación y creación de un plan de acción de desarrollo</p>	<p>Habitantes de comunidades rurales aisladas de la parroquia Rosa Zárate, cantón Quinindé, provincia Esmeraldas</p>

Tabla 12. Análisis preliminar en Ejemplo de Aplicación

Paso 3. Propósito del DRP

Un Diagnóstico Participativo de Electrificación Rural de dos semanas de duración en la parroquia Rosa Zárate, cantón Quinindé de Esmeraldas en Ecuador, cuyo propósito es identificar las comunidades que reúnen las condiciones para ser beneficiarias del servicio eléctrico mediante sistemas renovables y mejorar sus capacidades de organización y autogestión de su propio desarrollo.

Paso 4. Identificación de las comunidades participantes

Para seleccionar las comunidades participantes del proceso del DRP se atiende a los siguientes criterios:

- El financiador pone como condición para financiar el estudio que el mismo esté destinado a la dotación del servicio eléctrico mediante tecnologías renovables y que las comunidades pertenezcan al cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas
- El CONELEC sólo financia proyectos de electrificación con energías renovables cuando las comunidades se encuentran como mínimo a 6km del último punto de la red eléctrica, disponiendo que aquellas que se encuentren a menor distancia pueden ser beneficiarias tan sólo de proyectos de extensión de red.

- Se priorizará a aquellas comunidades más aisladas, con mayor deficiencia de servicios y más alejadas del último punto de red.

Trasladados estos criterios al ingeniero de planificación de la municipalidad de Quinindé, éste selecciona una lista de comunidades que reúnen las condiciones:

Provincia	Cantón	Parroquia	Nombre comunidad	Distancia último punto red
Esmeraldas	Quinindé	Rosa Zárate	La Y del Páramo	8,5km
			Los Ángeles	10,2km
			Zancudo	11,6km
			Santa Rosa	13,7km
			Los Charcos	9km
			24 de Mayo	10,5km
			El Descanso	6km

Tabla 13. Comunidades preseleccionadas para estudio de electrificación rural

Paso 5. Diagnóstico de situación de las comunidades

El Ecuador está dividido en 4 regiones: Costa, Sierra, Oriente e Insular, manteniendo cada una de ellas sus propias particularidades. La Región Costa abarca el 26.35% del territorio nacional y sin embargo alberga al 49.81% de la población total del país, la mayoría de personas se asientan en las capitales provinciales y su población rural se encuentra distribuida en grandes extensiones de suelo, presentando una gran dispersión de viviendas. La Región Costa del Ecuador está compuesta por las Provincias de: El Oro, Esmeraldas, Guayas, Los Ríos y Manabí. La Provincia de Esmeraldas está políticamente distribuida en los siguientes Cantones: Esmeraldas, Eloy Alfaro, Muisne, San Lorenzo, Atacames, Rio Verde y Quinindé, es este último donde se desarrolla el presente estudio y se encuentra conformado por diversas parroquias urbanas y rurales entre las que se encuentra la parroquia Rosa Zárate.

Demografía, indicadores de pobreza y servicios básicos

Los siguientes cuadros presentan datos demográficos por género, por edades y por población correspondientes a la parroquia **Rosa Zárate**.

Por género

Indicador	Parroquia Rosa Zárate
Hombres	23.229
Mujeres	21.718
Población Total	44.927

Tabla 14. Indicadores demográficos por género para la parroquia Rosa Zárate

Por edades

Indicador	Parroquia Rosa Zárate
Edades 1-9	10.680
Edades 10-14	5.771
Edades 15-29	12.476
Edades 30-49	9.558
Edades 50-64	3.319
Edades 65 y +	2.214

Tabla 15. Indicadores demográficos por edades en la parroquia Rosa Zárate

Por población

Indicador	Parroquia Rosa Zárate
Afroecuatoriana	10.189
Indígena	306
Mestiza	27.111
Blanca	7.226

Tabla 16. Indicadores demográficos por raza en la parroquia Rosa Zárate

A nivel de índices, según datos recopilados por el Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE) hasta el año 2006, Esmeraldas se ubica entre las provincias con mayores índices de pobreza (ver figura 5) - del total de la población - en donde los cantones con mayor **índice de pobreza** por necesidades básicas insatisfechas (NBI) en la provincia de Esmeraldas son: Eloy Alfaro (97,7%); Río Verde (97,7%); Muisne (93,5%); y **Quinindé (86,4%)**. La población rural es mayoritaria y cuenta con menos servicios básicos.

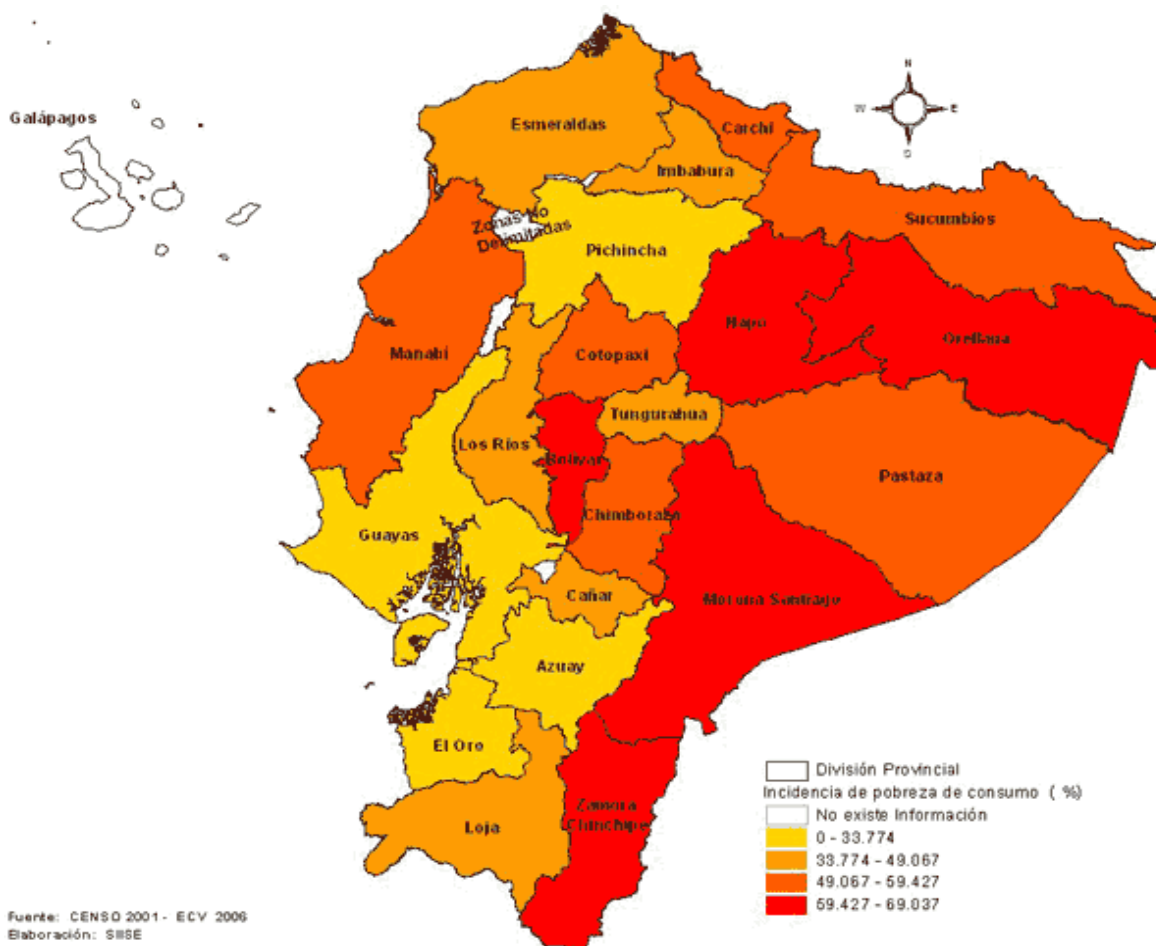


Figura 5. Mapa de incidencia de la pobreza en el Ecuador

De lo analizado podemos mencionar que existe una relación directa entre los índices de pobreza con la cobertura eléctrica rural a nivel nacional, es así que las provincias que registran un grado de cobertura eléctrica menor a los promedios nacionales (84%), se caracterizan por ser las más pobres, que para el caso específico de la Provincia de

Esmeraldas llega al 75,6% convirtiéndose en una provincia con bajo nivel de cobertura rural a nivel nacional.

El siguiente cuadro describe diversos indicadores de pobreza con relación a los **servicios básicos** de la **parroquia** donde se ubican las comunidades objeto de este estudio:

Indicador	Parroquia Rosa Zárate
Cobertura de Servicio eléctrico*	74,5 %
Agua entubada dentro de la vivienda	19,20%
Red de alcantarillado	29,7%
Telefonía fija. Nota: No Existe cobertura de Telefonía celular de PORTA Y MOVISTAR en la mayoría de las comunidades	17,4%
Hacinamiento crítico	30,8%
Servicio de recolección de basura	47,8%
Pobreza por Necesidades básicas insatisfechas NBI	81,7%
Personas que habitan en viviendas con servicios básicos inadecuados.	71,1%
Personas en edad productiva que no trabajan	50,20%

Tabla 17. Servicios básicos en la parroquia Rosa Zárate

Clima

Las comunidades identificadas están ubicadas dentro de la **Reserva Ecológica Mache-Chindul** que contiene uno de los últimos remanentes de bosque muy húmedo tropical de la Costa ecuatoriana y tal vez del mundo, caracterizado por su altísima biodiversidad y sorprendentes niveles de endemismo. La temperatura varía entre 22 a 26 °C.

El área tiene **tres zonas bioclimáticas**: una con precipitaciones moderadas en las zonas de transición del Bosque Seco Premontano al Húmedo Tropical, especialmente en una elevación donde nace el río Cuaque; otras adyacentes con precipitaciones que promedian entre los 800 y 1.000 milímetros cúbicos; y la tercera en la parte alta de la cordillera, con fuertes precipitaciones que oscilan entre los 2.500 y 3.000 milímetros cúbicos con pocas variaciones durante el año. Las precipitaciones en la parte alta de la cordillera, permiten a la mayoría de los ríos mantener su caudal todo el año, inclusive del río Cuaque que se ubica al suroriente de la Reserva.

Relieve

El Estado Ecuatoriano el 09 de agosto de 1996 (Resolución INEFAN R-045) en el marco de sus Políticas Básicas Ambientales, incluyó a los remanentes del bosque noroccidental como la **región geográfica de mayor prioridad para la conservación en el Ecuador**,

hecho significativo considerando que esta misma zona guarda la mayor reserva forestal de la Costa y soporta varias presiones en torno a la explotación de ese recurso.

La Reserva Ecológica Mache-Chindul es una de las Áreas Protegidas más recientemente creadas; su nombre viene dado por las cordilleras menores (entre los 300 a 800 msnm) sobre las que se ubica, último obstáculo antes de llegar al océano desde el interior del continente.

Hidrografía

La Reserva es el sistema hidrográfico montañoso que mantiene y que alimenta ríos de importancia en Manabí -como el Cuaque, el Cojimíes y el Cheve-, y también en Esmeraldas, entre los que están el Muisne, el Atacames, el Tiaone y el Dógola, para citar sólo los más conocidos.

Flora y Fauna

La gran presión que ha sufrido esta zona, especialmente por la tala indiscriminada de la madera, no ha afectado mayormente la flora de la Reserva que se mantiene muy representativa albergando además varias especies que no han sido descritas para el Ecuador y que podrían ser nuevas para la ciencia.

En Mache-Chindul, la fauna necesita un inventario más profundo. Las evaluaciones rápidas registran la existencia de especies representativas como el mono aullador, mico, guatusa, guanta, puma, perezoso, cabeza de mate, venado de cola blanca, saíno, jaguar, gato de monte y tigrillo; entre las aves hay cuervos, tijeretas, gavián príncipe y el trogón.

Educación

La tasa neta de escolarización en la Parroquia donde se ubican las comunidades identificadas va decreciendo según avanza la edad de sus habitantes, así: en escolarización primaria las personas comprendidas entre 6 y 11 años asisten a centros educativos en un 81,3% del universo posible y, en escolarización secundaria las personas comprendidas entre 12 y 17 años asisten a centros educativos en un 31,9% del universo posible.

A continuación se detallan indicadores del SIISE en los que se exponen los años de escolaridad y los tipos de analfabetismo presente en la Parroquia donde con la dotación de energía básica se influirá positivamente a las actividades cotidianas de las escuelas presentes en el proyecto.

Educación – población

Indicador	Parroquia Rosa Zárate
Analfabetismo	11,7%
Analfabetismo funcional	32,6%
Primaria completa	52,4%
Secundaria completa	11,9%
Instrucción superior	9,3%

Tabla 18. Indicadores educativos parroquia Rosa Zárate. SIISE

Analfabetismo – género

Indicador	Parroquia Rosa Zárate
Analfabetismo en Hombres	11,4%
Analfabetismo en Mujeres	12,0%

Tabla 19. Alfabetización por género en parroquia Rosa Zárate

Salud

En lo que corresponde a salud existe una importante presencia de centros médicos y dispensarios con relación a otras zonas aisladas del país, esto se debe a que Rosa Zárate – Quinindé es la cabecera cantonal.

La población de mayor vulnerabilidad en comunidades rurales aisladas oscila en edades comprendidas entre los 0 meses y 5 años de edad especialmente porque en estos lugares no existen botiquines apropiados ni energía eléctrica que les permita conservar las medicinas y/o sueros.

Cantón		Establecimientos de salud con internación	
Quinindé		1	
Establecimientos de salud sin internación			
Parroquia	Subcentros	Dispensarios	Otros
Rosa Zárate	9	4	1

Tabla 20. Establecimientos de salud en parroquia Rosa Zárate

Vialidad

Los accesos a la Reserva donde se encuentran las comunidades son difíciles e influenciados por las lluvias, que incluso pueden impedir totalmente la entrada al lugar, entre los meses de enero y junio, del invierno.

La vía asfaltada Santo Domingo-Esmeraldas pasa por el cantón Quinindé, muy cercano a la carretera de entrada a la población de Herrera, desde donde continua el camino hasta el Recinto la Y de la Laguna. Sin considerar las condiciones climáticas y siguiendo este acceso, es posible llegar al estero Plátano y, eventualmente, a la cabecera del río Taguales, en los límites orientales de la Reserva. Este camino es el más factible para llegar también al área privada de Bilsa y la Laguna de Cube.

Las ciudades de Esmeraldas, Atacames, Muisne y Pedernales son accesos que permiten iniciar impredecibles recorridos hacia la zona.

Paso 6. Selección del equipo del DRP

A partir de la información recopilada se procede a la selección del equipo del DRP, identificando los siguientes actores como potenciales interesados en participar del proceso de identificación y desarrollo comunitario:

ACTORES	Características	Problema	Interés	Potencial	Inter-relación
Equipo de coordinación	Facilitadores de desarrollo	No dispone de suficiente conocimiento de la realidad de las comunidades	Facilitar el proceso de desarrollo Capacitar a los participantes	Conocimientos técnicos para facilitar el desarrollo	Todos
Representante Municipio	Responsable político de asignar recursos para la dotación de servicios a las comunidades	No tiene suficientes recursos económicos como para atender todas las solicitudes	Mantener su cargo atendiendo a las peticiones de sus potenciales votantes	Poder de obtener y asignar recursos	Todos
Ingeniero de planificación del Municipio	Responsable de evaluar y planificar la dotación de servicios básicos en el cantón de Quinindé	No tiene suficiente conocimiento de la realidad de las comunidades, puesto que trabaja fundamentalmente en la ciudad	Cumplir con las atribuciones de su empleo	Conocimientos técnicos	Representante Municipio Representante Junta Parroquial
Representante Junta Parroquial	Elegido democráticamente para representar a las comunidades de la parroquia de Rosa Zárate ante el Municipio de Quinindé	La parroquia tiene bajos niveles de servicios básicos	Defender los intereses de las comunidades de su parroquia	Conocimiento global de la situación de cada comunidad de su parroquia	Todos
Representantes comunidades	Elegidos en asamblea comunitaria para representar a sus respectivas comunidades	La comunidad no dispone de servicios básicos	Mejorar su calidad de vida	Conocimiento particular de la situación de sus comunidades	Representante Junta Parroquial Representante Municipio
Fundación Mache Chindul	Dedicados a la investigación y protección del parque natural de Mache Chindul	Sobreexplotación de los recursos y deforestación del parque natural de Mache Chindul	Sensibilizar a los habitantes de las comunidades para que contribuyan a la protección del parque natural	Recursos económicos para apoyar a las comunidades	Representante comunidades Representante Junta Parroquial Representante Municipio

Tabla 21. Actores seleccionados para el equipo DRP

El equipo de coordinación estará integrado por el personal de FEDETA (1 coordinador, 1 ingeniero, 1 psicopedagoga y 1 administrativa).

Paso 7. Diseño del taller de planificación del DRP

Atendiendo al presupuesto disponible y a las características de los actores se planifica las actividades y objetivos para el taller de planificación del DRP que se indican en la tabla 22.

HORA	SESIÓN	OBJETIVO	PARTICIPANTES	TIEMPO
9.00	Dinámicas de presentación	Presentación y crear confianza	Todos	30m
9.30	Capacitación sobre el DRP	Enseñar a los participantes las características de la metodología	Todos	30m
10.00	Necesidades de información	Reflexionar sobre problemas de comunidades y elaborar una lista de necesidades de información	Grupo 1	45m
	Necesidades de información	Reflexionar sobre problemas de comunidades y elaborar una lista de necesidades de información	Grupo 2	
10.45	Servicios energéticos	Reflexionar y discutir sobre los servicios energéticos demandados y elaborar lista de necesidades de información	Grupo 1	45m
	Servicios energéticos	Reflexionar y discutir sobre los servicios energéticos demandados y elaborar lista de necesidades de información	Grupo 2	
11.30	Coffebreak	Socialización de los participantes	Todos	30m
12.00	Selección de herramientas	Escoger las herramientas idóneas para recopilar la información en el DRP	Grupo 1	30m
	Selección de herramientas	Escoger las herramientas idóneas para recopilar la información en el DRP	Grupo 2	
12.30	Planificación y Logística	Recopilar información que permita planificar la visita a las comunidades	Todos	1h
13.30	Comida	Socialización de los participantes	Todos	1h

Tabla 22. Cronograma del taller de planificación del DRP.

4.1.2 Taller de planificación del DRP

Paso 9. Preparación de Guía Metodológica

Del taller de planificación celebrado, se obtuvo como resultado una lista de necesidades de información, que permitió posteriormente a los participantes seleccionar las herramientas necesarias para obtener dicha información tomando como referencia la Tabla 3 y se adoptan los siguientes criterios:

- El presupuesto del estudio permite una estancia máxima de 2 días por comunidad
- Los habitantes de la comunidad no quieren dedicar mucho tiempo al taller, puesto que en otras ocasiones han participado de actividades de ONGs que no les han aportado ningún resultado. Por lo que no están a priori muy motivados.

Las herramientas seleccionadas fueron las que se exponen en la tabla 23.

HERRAMIENTA	OBJETIVO	TIEMPO	CUÁNDO APLICAR
Observación participante	Comprender la percepción de la realidad de la comunidad	-	Análisis de la realidad
Entrevistas semiestructuradas	Profundizar en el conocimiento de las personas o grupos clave	2h	Análisis de la realidad
Comunidad	Analizar potenciales y limitaciones en el ámbito productivo, social, sanitario	1h	Análisis de la realidad
Estacional	Poner en relación diferentes ciclos económicos, productivos y sociales y analizar su importancia	1h	Análisis de la realidad
Árbol de problemas	Analizar un problema con la finalidad de identificar las causas y buscar posibles soluciones	1h	Análisis de la realidad
Organización comunitaria	Analizar la situación actual de los grupos comunitarios para lograr un fortalecimiento organizativo	1h	Análisis de la realidad
Priorización de problemas	Establecer una jerarquía de los problemas identificados	1h	Análisis de la realidad
Corte transversal energético	Identificar los recursos energéticos disponibles y geolocalizar las viviendas	3h	Análisis de la energía
Escenario de alternativas	Valorar las diferentes alternativas para solucionar un problema	2h	Análisis de las prioridades de desarrollo

Tabla 23. Herramientas seleccionadas para guía metodológica DRP.

Paso 10. Diseño del proceso de diagnóstico

En la sesión de planificación y logística se armó el cronograma de visitas a las comunidades. Son descartadas tres comunidades del proceso de diagnóstico tal como se expone en la tabla 24.

DÍA DE VISITA	COMUNIDAD	COMENTARIOS
1	Los Ángeles	
3	Santa Rosa	
5	Los Charcos	
7	24 de Mayo	
-	La Y del Páramo	DESCARTADA - No participan del taller de planificación
-	Zancudo	DESCARTADA - Se beneficiará de otro programa de electrificación rural
-	El descanso	DESCARTADA - La red eléctrica llegará en 2 años

Tabla 24. Descarte de comunidades tras el taller de planificación.

Para cada comunidad se planifica un proceso de diagnóstico de 1 día y medio de duración, formado por dos talleres comunitarios y tiempo libre para que los facilitadores de desarrollo puedan realizar una identificación de los recursos energéticos disponibles y realizar encuestas individuales así como integrarse brevemente en la vida de la comunidad. La tarde del día 2 se utiliza para desplazarse a la siguiente comunidad. En el Anexo A.1 se detalla el funcionamiento de cada herramienta.

FECHA	SESIÓN	ACTIVIDAD	OBJETIVO	PARTICIPANTES	TIEMPO
Día 1	Taller 1	Dinámicas de presentación	Presentación y crear confianza	Toda la comunidad	30m
Día 1	Taller 1	Dinámicas de presentación	Explicación del propósito del DRP	Toda la comunidad	30m
Día 1	Taller 1	Comunidad	Analizar potenciales y limitaciones en el ámbito productivo, social, sanitario	Grupo 1	1h
Día 1	Taller 1	Estacional	Poner en relación diferentes ciclos económicos, productivos y sociales y analizar su importancia	Grupo 2	
Día 1	Taller 1	Animación	Descanso y generar confianza	Toda la comunidad	15m
Día 1	Taller 1	Árbol de problemas	Analizar un problema con la finalidad de identificar las causas y buscar posibles soluciones	Toda la comunidad	1h
Día 1	Taller 1	Priorización de problemas	Establecer una jerarquía de los problemas identificados	Toda la comunidad	1h
Día 1	-	Corte transversal energético	Identificar los recursos energéticos disponibles y geolocalizar las viviendas	Facilitadores de desarrollo	3h
Día 1	-	Entrevistas semiestructuradas	Profundizar en el conocimiento de las personas o grupos clave	Facilitadores de desarrollo + familias	2h
Día 1	-	Observación participante	Comprender la percepción de la realidad de la comunidad	Facilitadores de desarrollo + familias	2h
Día 2	Taller 2	Organización comunitaria	Analizar la situación actual de los grupos comunitarios para lograr un fortalecimiento organizativo	Representantes de cada organización	30m
Día 2	Taller 2	Servicios energéticos	Identificar los consumos, las necesidades y la demanda de servicios energéticos	Toda la comunidad	1h
Día 2	Taller 2	Escenario de alternativas	Valorar las diferentes alternativas para solucionar un problema	Toda la comunidad	2h
Día 2	Taller 2	Censo	Identificar todas las familias que forman parte de la comunidad	Toda la comunidad	30m
Día 2	Taller 2	Despedida	Explicación de los siguientes pasos a seguir	Toda la comunidad	30m

Tabla 25. Cronograma de actividades en fase de desarrollo de DRP.

4.1.3 Desarrollo del DRP

En base al proceso de diagnóstico diseñado, se desarrolla el DRP en las distintas comunidades. Los resultados de las actividades del análisis de situación y del análisis de problemas y soluciones de cada comunidad, permitirán avanzar con el estudio de pre-viabilidad.

Si bien los siguientes pasos de la metodología se aplicarían individualmente a cada una de las comunidades. Por motivos de síntesis, se continuará el ejemplo de aplicación solamente con la comunidad 24 de Mayo, que fue la finalmente elegida como mejor opción para desarrollar el proyecto.

Las necesidades consideradas prioritarias por los habitantes esta comunidad fueron las siguientes en orden de importancia.

1. Viabilidad

La comunidad se encuentra a 12km de la Y de la Laguna, que es la comunidad más cercana con comercios, electricidad y transporte público. El transporte hasta allá ha de realizarse a caballo por caminos en muy mal estado que en invierno se vuelven impracticables por las lluvias. El comercio se ve dificultado por esta situación, lo que se traduce en menores ingresos familiares.

2. Educación

En el momento actual la escuela carece de profesor. El aislamiento de la comunidad y la dificultad para desplazarse y la carencia de alternativas de ocio resultan poco atractivos para los maestros que han sido asignados a la comunidad, por lo que suelen abandonarla al poco de llegar.

3. Salud

La lejanía del centro de salud más próximo y la carencia de un puesto de salud y un promotor de salud ubicado en la comunidad dan lugar a que la población no tenga atención médica y a que les sea imposible trasladar a un enfermo durante 12km hasta el centro de salud.

4. Ocio y comunicaciones

Al no disponer de energía, la única alternativa de ocio es la cancha de fútbol y la radio a pilas cuando cae la noche.

4.1.4 Estudio previo de viabilidad

Paso 14. Ingeniería

Cálculo de la demanda potencial de energía

Puesto que la comunidad no se encuentra electrificada actualmente, la demanda potencial de energía no se calcula a partir de los consumos actuales, que son satisfechos con fuentes como pilas, velas o lámparas de combustible, si no a partir de:

- los servicios energéticos que la propia comunidad solicitó durante el desarrollo del DRP
- los ingresos económicos actuales de las familias de la comunidad, que nos permiten estimar de forma realista las cargas que, una vez dispongan del servicio eléctrico, podrán adquirir de acuerdo a su poder adquisitivo

Además, con el fin de facilitar mayor información a la comunidad y ampliar las posibilidades de elección, se va a contemplar dos opciones diferentes de demanda energética:

- Una demanda básica, que contempla la dotación de electricidad en las viviendas para cargas básicas y para servicios comunitarios ya existentes actualmente.
- Una demanda avanzada, que contempla mayores consumos en las viviendas así como potenciales usos que aún no existen pero que la comunidad está interesada en desarrollar como un bar mediano y una posta de salud.

Plantear distintas opciones de demanda permite plantear a la comunidad soluciones flexibles y abiertas, que les permita conocer cómo se relaciona el aumento de la demanda energética con las distintas alternativas tecnológicas, los costes e impactos sociales y ambientales para que así puedan tomar la mejor decisión para su futuro energético.

Se distinguirá entre diferentes usos energéticos: domiciliarios, comunitarios y productivos.

Usos domiciliarios

Los usos domiciliarios incluyen la iluminación de las viviendas particulares, así como el uso de diversos aparatos y electrodomésticos para el ocio, la comunicación, la limpieza o la cocina. Se proponen dos tipos de viviendas, una básica que incluye cargas básicas que cualquier familia de la comunidad podría permitirse y otra mejor equipada a las que a fecha actual sólo unas pocas familias podrían aspirar.

La vivienda básica incluye focos en corriente continua, más caros por unidad, pero que tienen la ventaja en sistemas fotovoltaicos de que son independientes del inversor, por lo que en caso de avería del mismo seguirán en funcionamiento sin verse afectados como las cargas de alterna.

Tipo de Vivienda	Tipo D1						
Cargas DC	unidades [u]	Potencia [W]	Uso [h/día]	Consumo [Wh/día]	Uso [días/semana]	Consumo [Wh/semana]	Pot. instalada [W]
Focos	3	11	3	99	7	693	33
Subtotal DC				99		693	33
Cargas AC	unidades [u]	Potencia [W]	Uso [h/día]	Consumo [Wh/día]	Uso [días/semana]	Consumo [Wh/semana]	Pot. instalada [W]
TV+DVD	1	70	3	210	7	1470	70
Radio	1	25	3	75	7	525	25
Cargador	1	10	2	20	7	140	10
Subtotal AC				305		2135	105

Tabla 26. Demanda básica para viviendas.

Una vivienda mejor equipada, incorporaría además un refrigerador para conservar los alimentos y un ventilador. Son cargas más propias de entornos urbanos pero que algunos habitantes de la comunidad con mejores ingresos económicos demandan puesto que consideran que son importantes mejoras en su calidad de vida y les incentiva a no migrar a la ciudad.

Tipo de Vivienda	Tipo D2						
Cargas AC	unidades [u]	Potencia [W]	Uso [h/día]	Consumo [Wh/día]	Uso [días/semana]	Consumo [Wh/semana]	Pot. instalada [W]
Focos	3	11	3	99	7	693	33
TV+DVD	1	70	2	140	7	980	70
Radio	1	25	3	75	7	525	25
Refrigerador	1	60	8	480	7	3360	60
Ventilador	1	20	2	40	7	280	20
Cargador	1	10	2	20	7	140	10
Subtotal AC				854		5978	218

Tabla 27. Demanda avanzada para viviendas.

Usos comunitarios

Actualmente la comunidad dispone de dos instalaciones comunales: la escuela y una casa comunal. No dispone, pero sí está interesada en disponer de un puesto de salud y de una bomba de agua para la escuela.

La escuela está formada por una única sala que dispone de amplios ventanales que dotan de iluminación natural durante el día. Existe interés en dotarle de iluminación para que pueda utilizarse también durante la noche por los adultos. No dispone actualmente de ninguna carga, pero sí existe interés en dotarla de ordenadores pues se tiene constancia de que el Gobierno a través de un programa de informatización de las aulas está poco a poco distribuyendo portátiles en áreas rurales con servicio eléctrico.

Tipo de Servicio	Escuela						
Carga	unidades [u]	Potencia [W]	Uso [h/día]	Consumo [Wh/día]	Uso [días/semana]	Consumo [Wh/semana]	Pot. instalada [W]
Focos	4	11	2	88	5	440	44
TV+DVD	1	70	2	140	5	700	70
Radio	1	25	2	50	5	250	25
Computador portátil	5	35	2	350	5	1750	175
Impresora	1	100	1	100	5	500	100
Cargador	1	10	2	20	5	100	10
TOTAL				748		3740	424

Tabla 28. Demanda para escuela.

La casa comunal no dispone de ninguna carga. Se utiliza mientras hay luz diurna para celebrar asambleas comunitarias. Previendo una mejora de la capacidad organizativa de la comunidad, se plantea la posibilidad de dotarla de ordenadores.

Tipo de Servicio	Casa comunal						
Carga	unidades [u]	Potencia [W]	Uso [h/día]	Consumo [Wh/día]	Uso [días/semana]	Consumo [Wh/semana]	Pot. instalada [W]
Focos	4	11	2	88	7	616	44
TV+DVD	1	70	2	140	5	700	70
Radio	1	25	2	50	5	250	25
Computador portátil	2	35	2	140	5	700	70
Impresora	1	100	1	100	5	500	100
Cargador	1	10	3	30	5	150	10
TOTAL				548		2916	319

Tabla 29. Demanda para casa comunal.

No existe actualmente posta de salud, pero dada la lejanía de la posta a la que acuden actualmente, existe interés de solicitar una instalación que pueda ser utilizada en las visitas periódicas de médicos y como espacio de atención sanitaria equipado de refrigerador para almacenar medicamentos y a cargo de un promotor de salud.

Tipo de Servicio	Posta de salud						
Carga	unidades [u]	Potencia [W]	Uso [h/día]	Consumo [Wh/día]	Uso [días/semana]	Consumo [Wh/semana]	Pot. instalada [W]
Focos	4	11	4	176	7	1232	44
Radio	1	25	2	50	5	250	25
Refrigerador	1	210	8	1680	7	11760	210
Ventilador	1	20	2	40	7	280	20
Computador portátil	1	35	4	140	5	700	35
Impresora	1	100	1	100	5	500	100
Cargador	1	10	2	20	5	100	10
TOTAL				2206		14822	444

Tabla 30. Demanda para posta de salud.

En cuanto a la bomba de agua, existe interés en disponer de un sistema de bombeo y almacenamiento de agua ubicado cerca de la escuela.

Usos productivos

Si bien actualmente no existe ningún comercio en la comunidad, los habitantes consideran que de abrirse un comercio en un medio plazo sería un bar restaurante y venta de víveres.

Tipo de Servicio	Bar						
Carga	unidades [u]	Potencia [W]	Uso [h/día]	Consumo [Wh/día]	Uso [días/semana]	Consumo [Wh/semana]	Pot. instalada [W]
Focos	4	11	4	176	7	1232	44
TV+DVD	1	70	4	280	5	1400	70
Radio	1	25	2	50	5	250	25
Refrigerador	2	350	8	5600	7	39200	700
Cargador	1	10	2	20	5	100	10
TOTAL				6126		42182	849

Tabla 31. Demanda para bar.

Los habitantes de la comunidad también proponen que un buen negocio consistiría en una carpintería. Actualmente venden la madera que cortan directamente sin procesar, por lo que una carpintería les permitiría aportarle un valor añadido y aumentar su precio de venta.

Tipo de Servicio	Carpintería						
Carga	unidades [u]	Potencia [W]	Uso [h/día]	Consumo [Wh/día]	Uso [días/semana]	Consumo [Wh/semana]	Pot. instalada [W]
Focos	4	11	2	88	7	616	44
Sierra circular de 12"	1	1500	2	3000	5	15000	1500
Cepilladora 3 cuchillas	1	950	3	2850	5	14250	950
Cargador	1	10	2	20	5	100	10
TOTAL				5958		29966	2504

Tabla 32. Demanda para carpintería.

En síntesis, a la hora de estudiar las distintas alternativas tecnológicas se contemplarán dos demandas distintas que se presentan en la tabla 33.

						Opción 1		Opción 2		
Uso	Servicio energético					Nº	Consumo Wh/día	Nº	Consumo Wh/día	
	Denominación		Descripción	Potencia W	Consumo Wh/día					
DOMICILIARIO	D1	Vivienda básica	Iluminación para 3 habitaciones, TV-DVD, radio y cargador pilas	150	400	30	12.000	0	0	
	D2	Vivienda media	Iluminación para 3 habitaciones, TV-DVD, radio y cargador pilas, refrigerador eficiente de 150l, ventilador	250	850	0	0	30	25.500	
COMUNITARIO	C1	Casa comunal	Iluminación para 2 habitaciones, 2 ventiladores y radio-comunicador o máquina de coser	320	550	1	550	1	550	
	C2	Escuela	Iluminación, 5 ordenadores portátiles, 1 impresora, 1 TV y 1 radio	425	750	1	750	1	750	
	C3	Posta sanitaria	Refrigerador eficiente de 150l, 1 ordenador portátil, iluminación para 2 habitaciones, un ventilador y radio	500	2.200	0	0	1	2.200	
	C4	Bombeo pequeño	Bombeo de agua con caudal de 5000l/día y profundidad hasta 10m	100	850	1	850	1	850	
PRODUCTIVO	P1	Bar/comercio mediano	2 Refrigeradores eficiente de 250l, iluminación 2 habitaciones y 3 ventiladores, radio y TV	1.000	6.000	0	0	1	6.000	
	P2	Carpintería	Iluminacion para 2 habitaciones, sierra circular de 12" y cepilladora de 3 cuchillas	2.400	6.000	0	0	1	6.000	
					Total	Potencia kW	4920,0 kW		11820,0 kW	
						Consumo kWh/día	14150,0 kWh/día		41850,0 kWh/día	

Tabla 33. Resumen de demandas por uso.

En base a las encuestas y la observación participante en la comunidad, se puede prever que para cada una de las opciones de demanda, la curva de demanda podría aproximarse a las siguientes curvas. Se puede apreciar cómo existe un pico notable de demanda nocturna, coincidiendo con las horas de descanso y ocio en la vivienda. Durante el día la demanda es mínima y sólo debida al uso de la radio en la vivienda y de los ordenadores en la escuela.

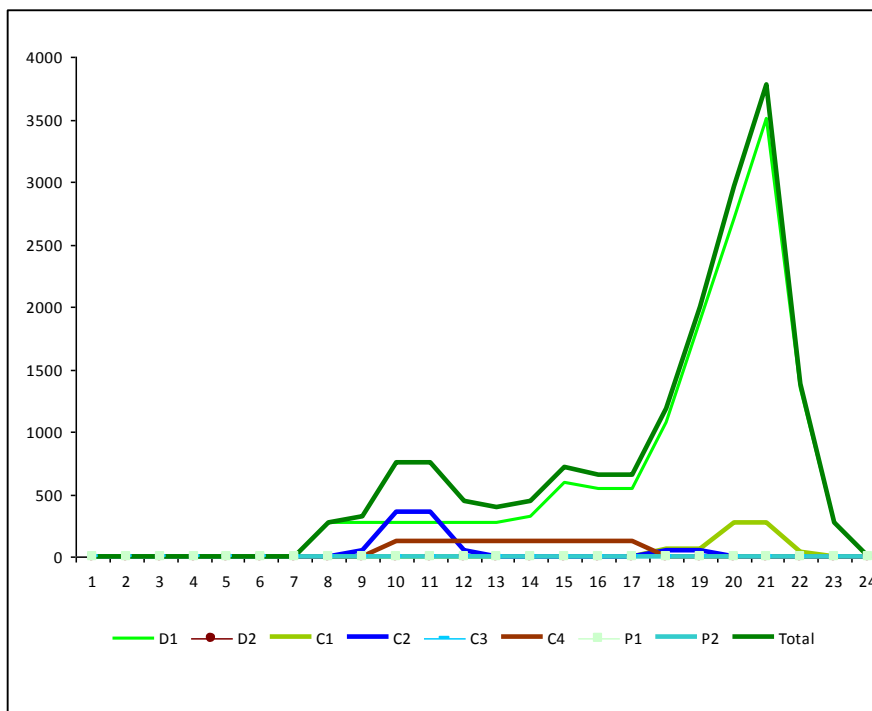


Figura 6. Curva de demanda para la demanda básica.

En cuanto a la opción de demanda elevada, se han contemplado dos picos diarios: uno correspondiente al incremento nocturno domiciliario y otro que corresponde al uso de las máquinas de la carpintería y que dado que no está previsto un uso continuo del taller, sería un pico a tener en cuenta pero que no se producirá de forma regular y previsible. Durante la noche existe un consumo constante debido a las refrigeradoras del bar, de la posta de salud y de las viviendas.

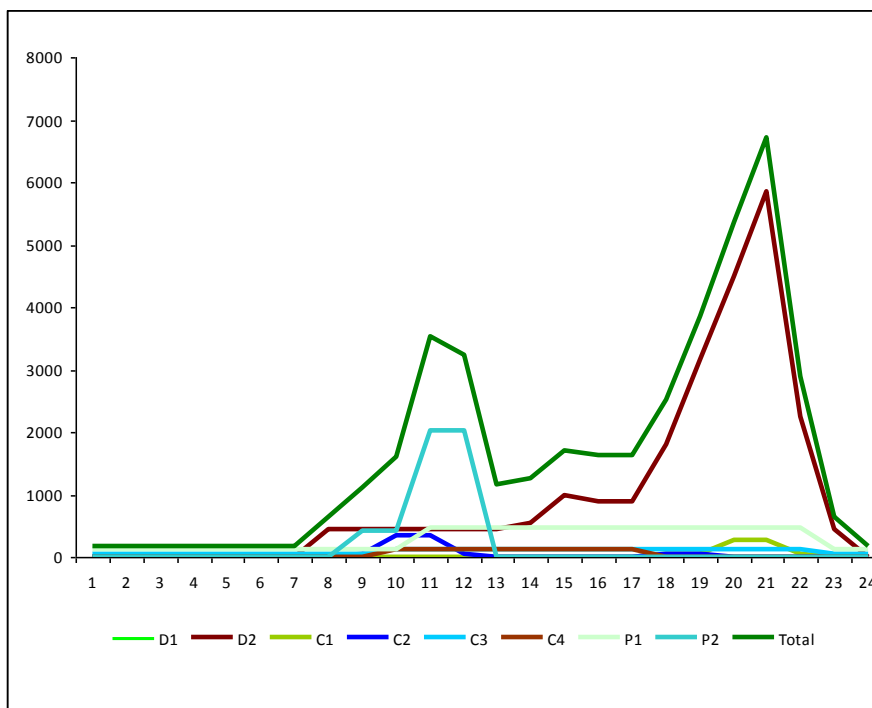


Figura 7. Curva de demanda para demanda avanzada.

Evaluación de los recursos energéticos

De los datos obtenidos durante la visita de campo, se procede a continuación a evaluar la idoneidad de los diferentes recursos energéticos:

Recurso hídrico

La comunidad se extiende a orillas del río Cube y de sus afluentes río Juanito y Marapungo. El caudal de estos ríos varía enormemente a lo largo del año y también interanualmente según testimonio de los pobladores. Pese a que la zona es montañosa, el río discurre en el fondo del valle con una pendiente muy leve. Durante la visita en el mes de Febrero gran parte del río era transitable a pie (ver Figura 8). Asimismo se pudo apreciar por la forma del cauce que en otras épocas del año el río es muy ancho y caudaloso.

Por tanto, al no disponer de un caudal estable ni de un salto adecuado, el recurso hídrico no resulta adecuado para ser utilizado con fines de generación eléctrica.



Figura 8. Cauce del río Cube.

Recurso eólico

Para el caso de la región de Esmeraldas no se conocen las condiciones de venteo locales proyectadas en el tiempo a lo largo del año y en quinquenios, además se conoce que esta zona carece de regímenes constantes de viento. En 2009 el Ministerio de Energías Renovables comenzó a trabajar en desarrollar el atlas eólico de Ecuador. Considerando que la mayoría de aerogeneradores requieren de una velocidad mínima de 3 m/s para empezar a funcionar y éstas no son unas condiciones habituales de la zona, la potencia proporcionaría el viento sería muy baja por las moderadas velocidades. Por este motivo se descarta la utilización del recurso eólico.

Recurso solar

La irradiación global sobre superficie inclinada queda reflejada en la siguiente tabla y se ha calculado a partir de la ecuación 1:

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Gdm(0) [kWh/m ² día]	3,345	3,386	3,878	3,717	3,365	3,227	3,374	3,203	3,374	3,276	3,459	3,079
Inclinación β	10°	10°	10°	10°	10°	10°	10°	10°	10°	10°	10°	10°
Coeficiente suelo	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Factor A	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995
Factor B	-0,0098	-0,0058	-0,0004	-0,0061	-0,0128	-0,0166	-0,0149	-0,0087	-0,0019	-0,0042	-0,0089	-0,0111
Gdm(β) [kWh/m ² día]	3,219	3,303	3,853	3,614	3,203	3,038	3,188	3,098	3,336	3,215	3,335	2,958

Tabla 34. Recurso solar en comunidad 24 de Mayo.

En el cálculo se ha considerado lo siguiente:

- Los valores de irradiación media diaria global para cada mes relativos al cantón de Quindé, se han tomado del Atlas Global del Ecuador con fines de generación eléctrica, elaborado por el CONELEC

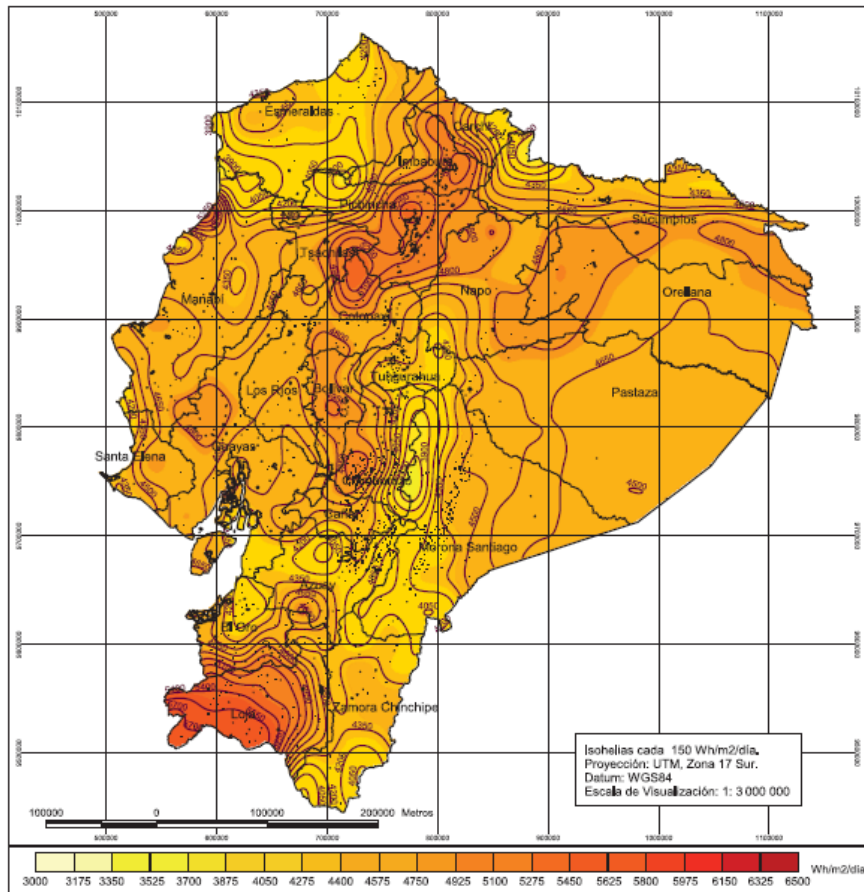


Figura 9. Insolación global promedio anual en el Ecuador. CONELEC.

- La latitud es $|\varphi| = 0^\circ$, el valor del grado de inclinación del módulo será $\beta = 10^\circ$
- El suelo de la región se puede considerar de hierba húmeda durante todo el año, siendo el coeficiente de reflexión del suelo = 0,3
- El factor A y el factor B se obtienen con los datos anteriores a partir de las tablas de irradiancia sobre superficie inclinada.

Combustibles fósiles

En la población de la Y de la Laguna, situada a 12km de la comunidad, se vende combustible diesel. En cuanto a los generadores diesel, podrían ser adquiridos en la cabecera parroquial: Rosa Zárate.

Biomasa

La comunidad se encuentra ubicada en una zona boscosa con un gran potencial de biomasa pero que pertenece a la Reserva Ecológica Mache-Chindul donde existen serias limitaciones a la tala de árboles y la utilización de las tierras para cultivos.

La Reserva es uno de los últimos remanentes de bosques húmedos y secos tropicales del país y uno de los pocos del mundo. Por ello constituye un área protegida donde se han contabilizado, en el Plan de Manejo Ambiental elaborado en el 2005, un total de 1.436 especies de plantas, 136 clases de mamíferos, 491 de aves, 54 de anfibios y 38 de reptiles. Al mismo tiempo se trata de una de las áreas con mayor deforestación del país debido a conflictos de tenencia de tierras y a la ampliación de la frontera agrícola. Por

ello se están desarrollando planes de recuperación ambiental e incentivando a los habitantes de la reserva a participar de los mismos.

En estas circunstancias, sería necesario un estudio riguroso y los correspondientes permisos por parte de la Dirección General de Medio Ambiente de Esmeraldas, para identificar aquellos potenciales recursos que se puedan explotar de forma sostenible y evitar así el uso de recursos que por su propio cultivo o manejo resulten ya perjudiciales para el ecosistema de la Reserva.

Por este motivo, se recomienda realizar una solicitud de estudios a la Dirección General de Medio Ambiente de Esmeraldas y descartar a corto plazo la utilización de biomasa como un recurso energético a explotar para la generación de energía.

Red Eléctrica

La red eléctrica nacional se encuentra en proceso de constante ampliación y mejora. En las zonas rurales de la región de Quinindé la electricidad se transmite en líneas de media tensión monofásicas ubicadas en los caminos que unen las comunidades rurales. En aquellas comunidades donde llega la red eléctrica se instala un transformador que convierte la electricidad a baja tensión a 120V 60Hz.

La empresa eléctrica EMELSUCUMBIOS es propietaria de la red eléctrica de la provincia de Esmeraldas. Las ampliaciones de esta red son decididas por el departamento de planificación, que realiza los correspondientes estudios de viabilidad y en el caso de proyectos de abastecimiento de electricidad en zonas rurales solicita posteriormente la financiación al CONELEC, que decidirá o no su financiación con cargo a los Fondos del Plan Nacional de Electrificación Rural y Urbano-marginal.

Las averías son frecuentes por el bajo mantenimiento de las líneas y los tiempos de reparación son largos debido al difícil acceso y la escasez de personal.

Alternativas tecnológicas

En base a los recursos energéticos más idóneos, se valorarán las siguientes alternativas tecnológicas para atender a la demanda:

- Sistemas fotovoltaicos individuales para cada vivienda y servicio
- Sistema híbrido fotovoltaico-diesel
- Extensión de red eléctrica

a) Sistemas fotovoltaicos individuales

La instalación de sistemas fotovoltaicos autónomos para cada uno de los usos identificados. Cada sistema estaría constituido por una agrupación de módulos fotovoltaicos y un conjunto de elementos que adaptan la energía eléctrica que produce el generador a las cargas.

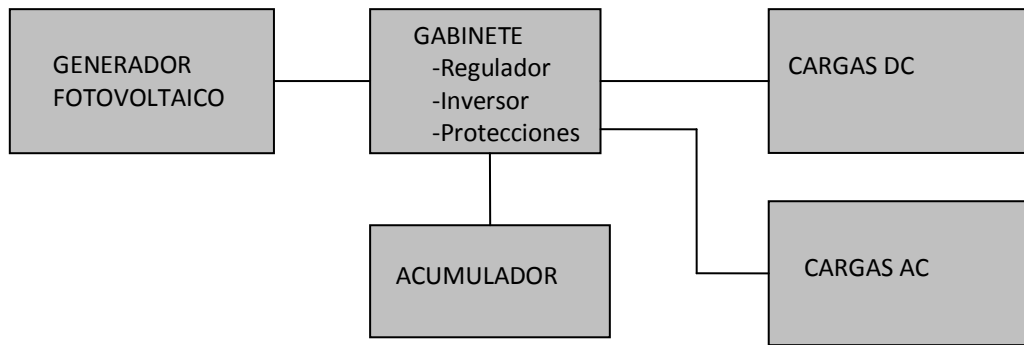


Figura 10. Esquema sistema fotovoltaico individual

Al ser sistemas autónomos la infraestructura necesaria es la menos exigente de todas las alternativas. La tecnología es madura, modular de acuerdo a las necesidades, con garantía de los fabricantes y de muy simple operación. Una avería en un sistema no afecta al resto, lo que garantiza una alta disponibilidad del servicio eléctrico. No hay piezas móviles, ni complejos sistemas de regulación o distribución por lo que su mantenimiento técnico es sencillo y económico.

Se puede estimar la potencia fotovoltaica total necesaria, según la siguiente ecuación:

$$P = \frac{E}{G_{dm}(\beta)} \cdot \eta_T \quad (13)$$

Y utilizando los siguientes datos:

$$\eta_T = 60\%$$

$$G_{dm}(\beta) = 3$$

Demanda básica = 14.150kWh

Demanda avanzada = 41.850kWh

Obtenemos que la demanda básica podría ser atendida con una potencia total estimada de 7,9kW. La demanda avanzada podría ser atendida con una potencia total estimada de 23kW. Ésta estimación nos permitirá realizar el estudio previo y ya en la ingeniería final se realizará un cálculo en detalle para la tecnología elegida.

b) Sistema híbrido fotovoltaico-diesel

Una microrred híbrida fotovoltaica-diesel consistiría en un sistema de generación de energía que opera de forma aislada de la red eléctrica convencional, siendo la fuente de generación principal un generador fotovoltaico, con un sistema de almacenamiento de energía en baterías, un inversor cargador, una línea de distribución monofásica a 120V AC 60Hz de 3km de longitud y un sistema de generación auxiliar (grupo diesel) que funciona cuando no hay energía en las baterías.

La centralización del sistema permite por un lado gestionar la energía de forma más eficiente que en los sistemas individuales, ya que la energía que no es utilizada por unos servicios puede ser aprovechada por otros. Además puede ser ampliado añadiendo

nuevos sistemas de generación, por lo que de aumentar la demanda se podría construir un nuevo generador fotovoltaico.

El inversor cargador permite regular la potencia y la frecuencia de la red de alterna, carga las baterías cuando la demanda de energía es inferior a la producida y acciona el generador diesel cuando la carga de las baterías y la energía generada no puede atender a los picos de demanda.

Para estimar la potencia necesaria del campo fotovoltaico se considerará que el 80% de la demanda diaria será satisfecha mediante el sistema fotovoltaico y el 20% mediante el generador diesel. Utilizando la ecuación 13 y los siguientes datos:

Eficiencia del sistema fotovoltaico del 60%

PSH = 3

Demanda básica = 11.320kWh

Demanda avanzada = 33.480kWh

Obtenemos que:

- Demanda básica podría ser atendida con un sistema híbrido de 6,3kW de generador fotovoltaico y 5kW de generador diesel.
- Demanda avanzada podría ser atendida con un sistema híbrido de 18,6kW de generador fotovoltaico y 20kW de generador diesel.

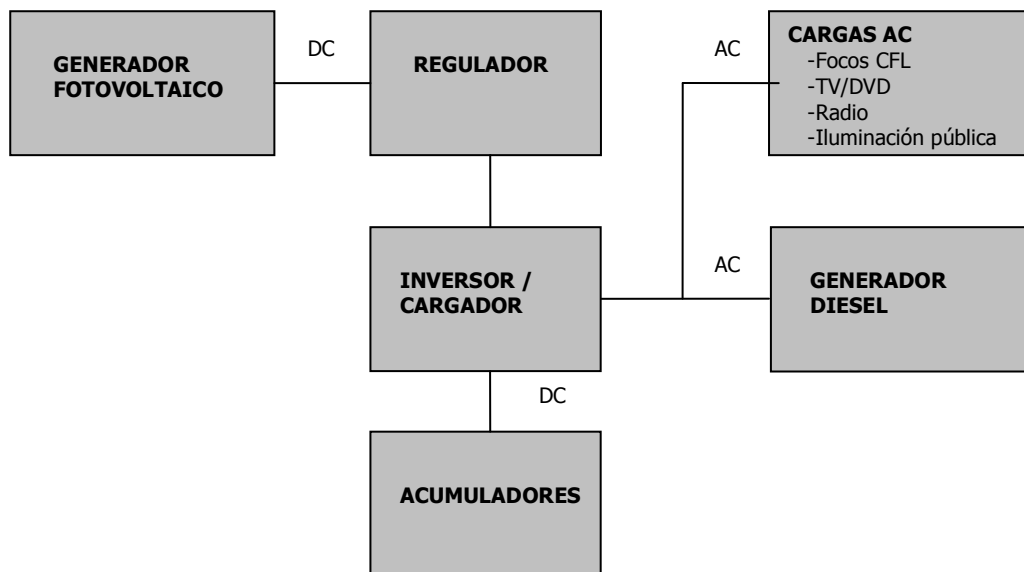


Figura 11. Esquema para sistema fotovoltaico centralizado.

c) Extensión de la red eléctrica

La presente alternativa consistiría en la extensión de la red eléctrica desde la comunidad de la Y del Páramo hasta la comunidad 24 de Mayo, lo que supone la construcción de una línea en MT de 12km y otra en BT de 3km a lo largo de la comunidad.

En primer lugar sería necesaria la construcción de un camino lastrado entre ambas comunidades sobre el sendero actual, con el fin de permitir la circulación de vehículos entre ambas comunidades y facilitar las obras de ejecución de la línea eléctrica y el futuro mantenimiento de las mismas. Actualmente sólo resulta posible el transporte a pie o a caballo entre ambas comunidades.

En segundo lugar sería necesario mejorar la red de media tensión que llega a la Y de la Laguna. La conexión a red constituye una alternativa que ofrece una potencia suficiente para cubrir todas las necesidades domésticas y productivas de la comunidad.

Las viviendas de la comunidad se encuentran distribuidas de forma dispersa, oscilando las distancias entre las mismas de los 100m hasta 3.000m dentro de cada comunidad

Paso 15. Análisis de costes

El coste normalizado de la energía (USD/kWh) de cada una de las tecnologías, es una estimación del coste actualizado de la energía en concepto de capital inicial, costes fijos de G&O&M y de reposición de aquellos equipos que lleguen al final de su vida útil teniendo en cuenta todo el ciclo de vida del sistema (un periodo de 20 años).

a) Sistemas fotovoltaicos individuales

En el cálculo del capital inicial se incluye el coste de todo el equipamiento y de la ejecución del proyecto.

El coste de reposición considera que:

- Las baterías se cambian a los 5 años
- Los reguladores se cambian a los 10 años
- Los inversores se cambian a los 5 años

En cuanto a los gastos de operación y mantenimiento incluyen el salario de técnicos de la propia comunidad, así como repuestos pequeños que puedan ser necesarios.

b) Sistema híbrido fotovoltaico-diesel

El cálculo del capital inicial, coste de reposición y operación y mantenimiento se realiza de la misma forma que en la tecnología anterior añadiendo la línea eléctrica en BT y generador diesel al capital inicial, considerando que este último equipo tendrá que reponerse en el año 10 y añadiendo a los gastos de operación el coste del combustible.

c) Extensión de la red eléctrica

El capital inicial lo constituye el tendido de las líneas de MT y BT, además de los correspondientes transformadores y las obras de ejecución. No se contemplan gastos de reposición del equipamiento en los 20 años de vida del proyecto. En los gastos de mantenimiento se han incluido un 5% del capital inicial en concepto de pequeños repuestos necesarios y se han considerado salarios mayores puesto que los trabajos serán desarrollados por técnicos de la compañía eléctrica. Es importante destacar, que no se han considerado los gastos debidos al lastrado y adecuamiento del camino que une la Y de la Laguna con 24 de Mayo, puesto que este es un gasto de infraestructuras que no puede sufragar ni el CONELEC ni la Empresa Eléctrica.

A partir de los cálculos que se detallan se obtienen los siguientes costos normalizados de energía:

	Demanda 1			Demanda 2		
	SFV [USD/kWh]	FV-Diesel [USD/kWh]	Red [USD/kWh]	SFV [USD/kWh]	FV-Diesel [USD/kWh]	Red [USD/kWh]
Costo Capital	0,76	0,94	1,52	0,76	0,75	0,63
Costo Reposición	0,81	0,69	0,00	0,81	0,69	0,00
Costo Operación y Mantenimiento	0,29	0,67	0,46	0,20	0,50	0,16
Costo Total [USD/kWh]	1,86	2,30	1,98	1,77	1,94	0,80

Tabla 35. Costos normalizados de energía

Como se puede apreciar en la figura 12, para la demanda básica de 14,15kWh/día la tecnología que ofrece un menor coste de energía es la de sistemas fotovoltaicos individuales. Llama la atención el extraordinario coste de la reposición, motivado en mayor medida por la elevada tasa de reposición de las baterías y su elevado coste. Los costos de operación de la tecnología FV-Diesel son los más elevados, debido al consumo de combustible fósil.

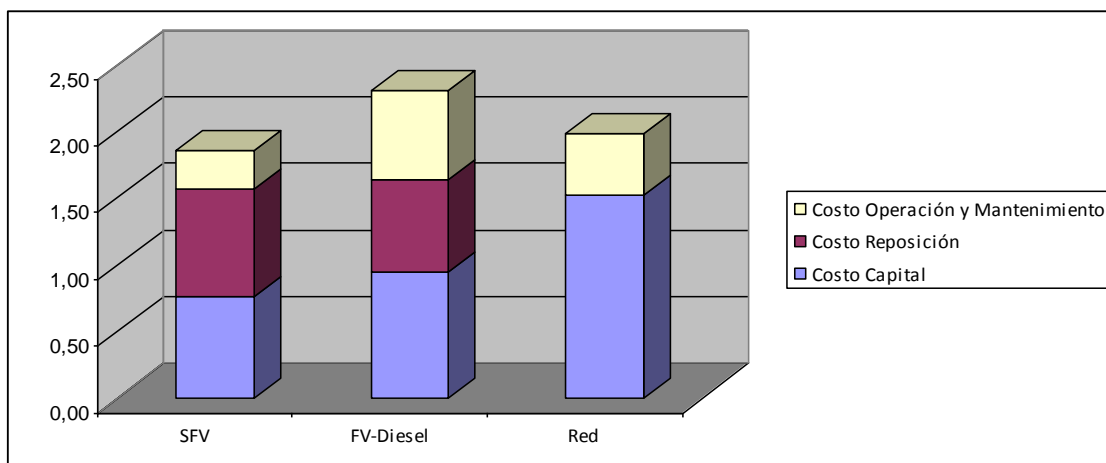


Figura 12. Costos normalizados de energía para demanda básica.

Sin embargo, para la segunda demanda considerada de 41,85kWh/día se puede apreciar en la figura 13 como la tecnología de red eléctrica es la que ofrece los costos más competitivos, ya que la infraestructura a instalar es exactamente la misma que para la demanda básica, mientras que las otras tecnologías deben incrementar sustancialmente la potencia pico aumentando los costos de capital inicial y de reposición.

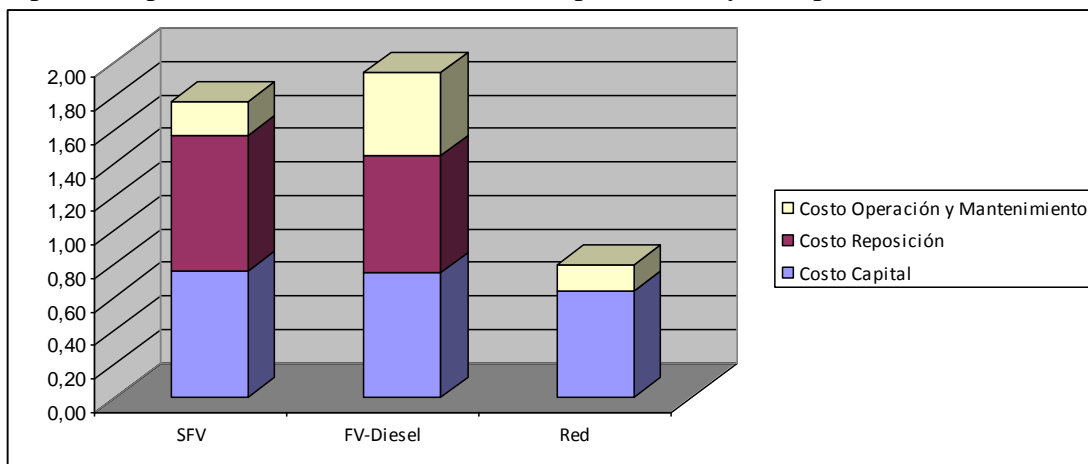


Figura 13. Costos normalizados de energía para demanda avanzada.

Paso 16. Análisis de impacto ambiental

a) Sistemas fotovoltaicos individuales

La instalación de los sistemas no tendrá ningún impacto ambiental significativo. Durante la operación de los sistemas, en el momento de la reposición de las baterías se deberá gestionar las mismas como residuos y proceder a su retirada y reciclaje.

b) Sistema híbrido fotovoltaico-diesel

Esta opción requerirá desbrozar una superficie de unos 150 a 400m² para poder instalar el generador fotovoltaico y una superficie de unos 5.000m² para poder mejorar los caminos e instalar la línea eléctrica en baja tensión

Una vez en funcionamiento el sistema producirá impacto en cuanto a ruido debido al generador diesel y humos derivados de la combustión que tiene lugar en el mismo. En el momento de la reposición de las baterías se deberá gestionar las mismas como residuos y proceder a su retirada y reciclaje.

c) Extensión de la red eléctrica

Dado que la extensión de las líneas eléctricas requiere del desbroce, la tala de árboles y la consecuentemente la pérdida de flora y fauna endémica del lugar puesto que es preciso construir una vía de transporte. El desbroce se estima en unos 100.000 m² de superficie.

Por otro lado, se ha podido observar en los últimos años en aquellas comunidades ubicadas en zonas de abundante recursos madereros, que la mejora en las vías de acceso a las comunidades se traducen en un aumento de la deforestación debido a la mejor facilidad de transporte.

Paso 17. Análisis de impacto social

Para medir los impactos sociales que tendría un proyecto de electrificación rural con cada una de las diferentes alternativas, se utilizará como referente los Objetivos de Desarrollo del Milenio y cómo cada tecnología puede aportar en su consecución. En la tabla 36 se expone dicha comparativa.

	Objetivo	SFV individuales	Hibrido SFV-Diesel	Extensión de Red
1	Erradicar la extrema pobreza y el hambre	Positivo. Genera puestos de empleo en la comunidad y en el entorno urbano	Positivo. Genera puestos de empleo en la comunidad y en el entorno urbano	Positivo. Genera puestos de empleo en la comunidad y en el entorno urbano
2	Lograr la enseñanza primaria universal	Positivo. Incentiva a los profesores a permanecer en la comunidad	Positivo. Incentiva a los profesores a permanecer en la comunidad	Positivo. Incentiva a los profesores a permanecer en la comunidad
3	Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer	-	-	-
4	Reducir la mortalidad infantil	-	-	-
5	Mejorar la salud materna	Positivo. El acceso a medios de comunicación como radio y TV permite difundir mejor campañas de salud	Positivo. El acceso a medios de comunicación como radio y TV permite difundir mejor campañas de salud	Positivo. El acceso a medios de comunicación como radio y TV permite difundir mejor campañas de salud
6	Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades	Positivo. El acceso a medios de comunicación como radio y TV permite difundir mejor campañas de salud	Positivo. El acceso a medios de comunicación como radio y TV permite difundir mejor campañas de salud	Positivo. El acceso a medios de comunicación como radio y TV permite difundir mejor campañas de salud
7	Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente	Positivo.	Positivo.	Negativo. Deforestación
8	Fomentar una asociación mundial para el desarrollo	Positivo.	Positivo.	Negativo. No incentiva la colaboración de agentes para proveer de servicios energéticos sostenibles con el medio ambiente.

Tabla 36. Análisis de impacto social

Paso 18. Opciones de financiación

Teniendo en cuenta los bajos ingresos actuales de la población y el escaso desarrollo empresarial y productivo en la región, se considera que el proyecto no puede ser rentable. Como se puede apreciar en el estudio de costos, en ningún caso la tarifa social de 0,07 USD/kWh a la que tienen derecho las familias pobres del Ecuador, cubre los costos de la energía consumida.

Sin embargo, se considera que los habitantes sí tienen capacidad de pago suficiente como para que el proyecto sea sostenible y pueda cubrir sus gastos de operación y mantenimiento durante la vida útil de los sistemas.

A continuación se muestra, el gasto mensual por familia en relación a los diferentes costos del proyecto:

	Demanda 1			Demanda 2		
	SFV [USD/kWh]	FV-Diesel [USD/kWh]	Red [USD/kWh]	SFV [USD/kWh]	FV-Diesel [USD/kWh]	Red [USD/kWh]
Costo Capital	10,71	13,33	21,49	31,69	31,37	26,55
Costo Reposición	11,47	9,82	0,00	33,92	29,05	0,00
Costo Operación y Mantenimiento	4,12	9,43	6,55	8,31	20,80	6,81
Costo Total [USD/kWh]	26,30	32,57	28,04	73,92	81,22	33,35

Tabla 37. Gasto mensual familiar según demanda y tecnología

Teniendo en cuenta que la capacidad y voluntad de pago por el servicio eléctrico es de 8,00 USD, se concluye que las familias de la comunidad sólo podrían hacer frente a los gastos de operación y mantenimiento en sistemas fotovoltaicos individuales y en conexión a red. En ningún caso podrían contribuir a un fondo de reposición.

Teniendo en cuenta lo anterior el esquema de financiación que se propone es mixto:

- Prácticamente el 100% de la inversión inicial será realizada mediante subvención por una o varias fuentes financiadoras. Los beneficiarios realizarán una contribución a la inversión inicial en especie: mano de obra + transporte del equipamiento y personal de ejecución.
- Los gastos de reposición deberían ser financiados con fuentes financiadoras externas, al no disponer la comunidad de recursos económicos para sufragarlos.
- La única aportación económica que se contempla realice la comunidad será en concepto de cuota de conexión al servicio eléctrico y tarifa por uso del servicio que se destinará a los gastos de operación y mantenimiento.

Para la inversión inicial y la reposición de equipos se contempla una fuente de financiación principal y dos fuentes de financiación alternativas en caso de que la fuente principal falle.

Opción principal: Fondos del Plan Nacional de Electrificación Rural y Urbano Marginal

La regulación del CONELEC 008/08 establece el procedimiento por el cual se asignan los recursos y aprueban los proyectos de electrificación rural a ser financiados mediante los fondos del Plan Nacional de Electrificación Rural y Urbano Marginal. Dicha regulación, establece en el punto 4.1.1 que se calificarán aquellos nuevos proyectos en el área rural donde el monto solicitado de fondos al Plan Nacional de Electrificación Rural y Urbano Marginal, sea como máximo de los siguientes valores por vivienda o local de servicio comunitario:

Tecnología	Tipo	USD / (vivienda o servicio)
Generación eólica	-	1.350
Generación fotovoltaica	Tipo I (< 200Wp/vivienda)	3.200
	Tipo II (>200Wp/vivienda)	3.500
	Centros: Comunales, Salud y Educación	3.800
	Bombeo de Agua	4.000
Biomasa	-	600
Pico, micro o minicentrales hidroeléctricas	-	2.400
Extensión de red eléctrica	-	2.400

Tabla 38. Financiación por vivienda o servicio para nuevos proyectos. CONELEC

En el futuro, estos fondos permiten financiar mejoras y/o ampliaciones en sistemas de electrificación, por lo que podría financiar la reposición de equipamiento.

Opción alternativa 1: Agencia Española de Cooperación Internacional

En caso de que la opción principal sea rechazada por el CONELEC o no se asignen fondos suficientes, se presentará el proyecto a las convocatorias de fondos de la Agencia Española de Cooperación Internacional. En este caso, la alternativa de extensión de red debería ser descartada.

Opción alternativa 2: ONGs de Cooperación Internacional

De ser rechazada la opción alternativa 1, se presentará el proyecto a una selección de ONGs internacionales que podrán financiar el proyecto total o parcialmente. En este caso, la alternativa de extensión de red debería ser descartada.

Para el caso de la demanda 1, la estructura de financiación para cada una de las alternativas podría ser la siguiente. Considerando que si el CONELEC no financia el todo o en parte el proyecto, las partidas deberían ser cubiertas por otros financiadores. Se ha llamado CONELEC 2, a la financiación a partir del año 5 de reposición de equipos.

		CONELEC	CONELEC 2	Financiador 1	Financiador 2	Total
SFV	Capital inicial	78.218,06	-	-	-	78.218,06
	Reposición	17.781,94	52.575,00	-	-	70.356,94
	Total	96.000,00	52.575,00	0,00	0,00	148.575,00
FV-Diesel	Capital inicial	96.000,00	-	1.291,11	-	97.291,11
	Reposición	0,00	61.002,22	-	-	61.002,22
	Total	96.000,00	61.002,22	1.291,11	0,00	158.293,33
Red	Capital inicial	72.000,00	-	84.866,67	-	156.866,67
	Reposición	-	-	-	-	0,00
	Total	72.000,00	0,00	84.866,67	0,00	156.866,67

Tabla 39. Estructura de financiación por tecnología para demanda básica.

En el caso de la demanda 2, vemos como en ningún caso el CONELEC puede financiar completamente ninguno de los proyectos y siempre habría que recurrir a fuentes extraordinarias.

		CONELEC	CONELEC 2	Financiador 1	Financiador 2	Total
SFV	Capital inicial	105.000,00	-	126.337,50	-	231.337,50
	Reposición	0,00	208.087,50	-	-	208.087,50
	Total	105.000,00	208.087,50	126.337,50	0,00	439.425,00
FV-Diesel	Capital inicial	105.000,00	-	124.020,00	-	229.020,00
	Reposición	0,00	180.420,00	-	-	180.420,00
	Total	105.000,00	180.420,00	124.020,00	0,00	409.440,00
Red	Capital inicial	72.000,00	-	121.800,00	-	193.800,00
	Reposición	-	-	-	-	0,00
	Total	72.000,00	0,00	121.800,00	0,00	193.800,00

Tabla 40. Estructura de financiación por tecnología para demanda avanzada.

Paso 19. Modelo de gestión

Esquema del modelo

En base a la experiencia acumulada en el Ecuador, en proyectos de electrificación rural con energías renovables, se sabe que el modelo de gestión de proyectos de electrificación rural más sostenible implantado hasta el momento es un modelo empresarial de pago por servicio.

Según este modelo, que podría ser aplicado para la alternativa tecnológica de sistemas fotovoltaicos individuales y para el sistema híbrido fotovoltaico-diesel, la propiedad del sistema de generación de electricidad no es de la comunidad, sino de una empresa eléctrica. Los usuarios del servicio eléctrico realizan el pago de una tarifa a una organización local que actúa como operador del servicio, designada por la propia comunidad y la empresa eléctrica propietaria de los sistemas para gestionar y mantener el servicio.

Se debe tener en cuenta que la legislación del sector eléctrico en el Ecuador divide el territorio en diferentes zonas y concede cada zona a una compañía eléctrica distribuidora y comercializadora. Dentro de estas áreas de concesión, no está permitido que otras empresas presten servicios de dotación del servicio eléctrico. Por este motivo, el operador del sistema sólo podría ser la Empresa Eléctrica o bien un órgano del que forme parte la empresa eléctrica.

A partir de la información recopilada de la Empresa Eléctrica se sabe que la misma no tiene recursos ni capacidad para asumir la gestión y operación y mantenimiento del servicio eléctrico. Por este motivo, se plantea la creación de una organización local llamada Unidad de Gestión Eléctrica de la Comunidad (UGEC) que es contratada por la Junta de Usuarios de la comunidad para gestionar y mantener el servicio eléctrico.

En consecuencia se plantea en principio una estructura organizativa que responda a los siguientes criterios:

- Organización local con enfoque empresarial. (UGEC)

- Participación activa de la población en la instalación, operación y uso adecuado de los sistemas. (Junta de Usuarios)
- Propiedad de los sistemas de la Empresa Eléctrica y supervisión a nivel técnico y administrativo. (Empresa Eléctrica)
- Intervención del Estado Central para la reposición de los equipos que conforman en Sistema Solar Fotovoltaico. (Gobierno Nacional)
- Designación de una persona la administración de la UGEC. (Técnico)

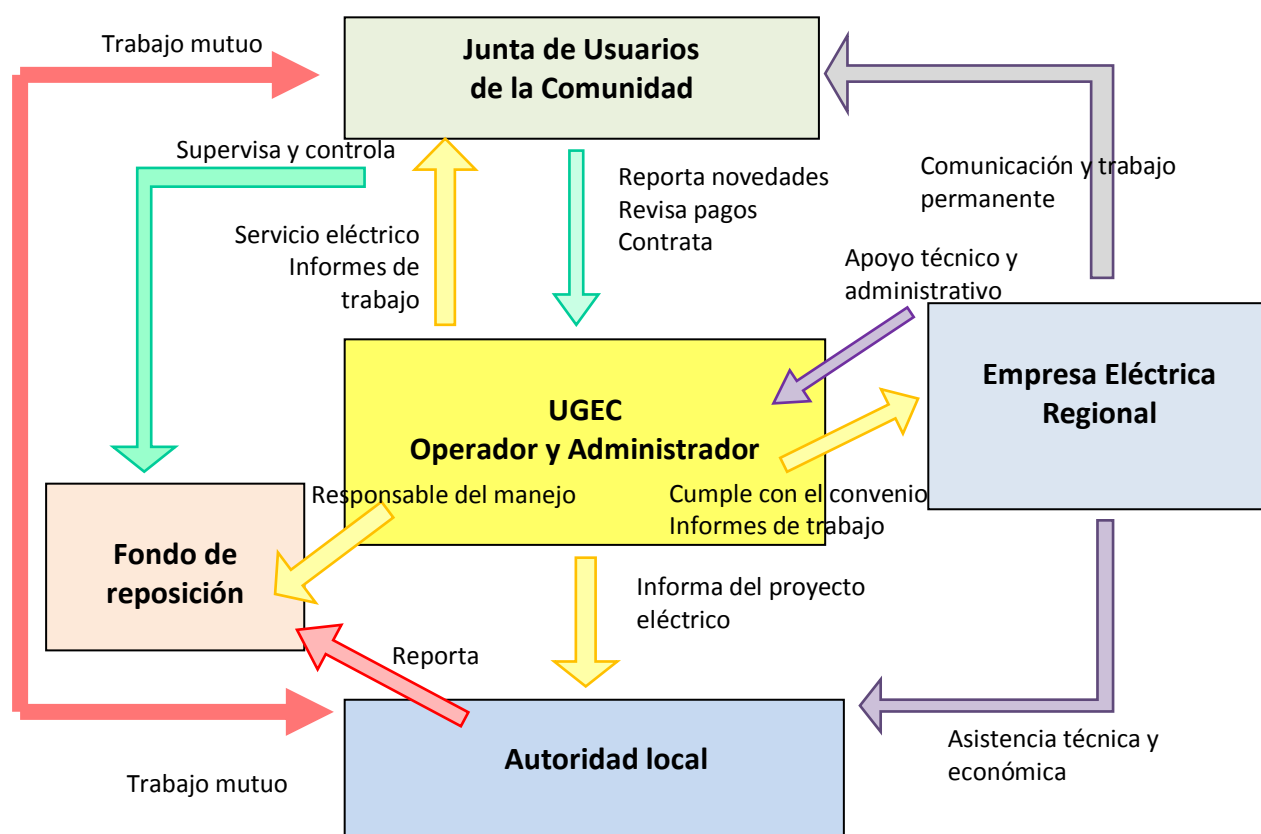


Figura 14. Costos normalizados de energía para demanda avanzada.

Actores y compromisos

Rol	Actor	Responsabilidad
Promotor del proyecto	CONELEC	Aprobar la financiación para el proyecto Financiar la reposición de los equipos al final de su vida útil
Facilitador de desarrollo	FEDETA	Realizar los estudios, mediación entre los beneficiarios y los demás actores, capacitación y organización del modelo de gestión
Propietario de los sistemas	Empresa eléctrica	Contratar al ente ejecutor y al facilitador de desarrollo para ejecutar el proyecto. Asumir la propiedad de los sistemas. Realizar el mantenimiento avanzado que no sea capaz de desarrollar los técnicos de la UGEC.
Fiscalización del proyecto	Junta de Usuarios Empresa eléctrica	Evaluar el trabajo de los técnicos de la UGEC, los facilitadores de desarrollo y el ejecutor del proyecto
Ejecutor del proyecto	Empresa privada	Ejecutar el proyecto conforme a las especificaciones Responder con garantías sobre la instalación y los equipos
Subcontratista	Empresa privada	Ejecutar la parte del trabajo acordada con el ejecutor del proyecto
Operador del servicio	UGEC	Establecer una relación comercial con los beneficiarios del servicio Operar el sistema según los compromisos acordados con el resto de actores Realizar el cobro de tarifas Brindar la calidad del servicio acordado Gestionar la conexión de nuevos clientes Planificar la renovación de equipos Resolver las incidencias Administrar el mantenimiento y la provisión de repuestos
Usuario	Familia de la comunidad	Utilizar el servicio de acuerdo con el contrato suscrito y el reglamento de uso. Pagar las tarifas correspondientes al servicio.

Tabla 41. Actores y compromisos

La Junta de Usuarios de la comunidad, con la participación de un representante de la empresa distribuidora realizará la contratación del operador.

La UGEC estará conformada por una o varias personas de la misma comunidad que demuestren la capacidad y responsabilidad para incursionar en la administración y operación de esta unidad. Serán nombrados en asamblea comunitaria por la Junta de Usuarios.

La UGEC implementará mecanismos que permitan la supervisión permanente del cumplimiento de las responsabilidades de los usuarios y entregará un informe mensual sobre los reportes técnicos y económicos a la Junta de Usuarios y a la Empresa Eléctrica.

En este esquema también participará una autoridad representativa de la localidad que en este caso sería el Presidente de la comunidad.

La Empresa Eléctrica sobre cuya área de cobertura se encuentren las comunidades, es la entidad responsable de fiscalizar la labor la UGEC, además de ser la dueña de los activos.

Además deberá establecer un esquema de seguimiento para supervisar el manejo administrativo, técnico y de continuidad y calidad en el servicio que incurren los futuros usuarios. Por ello, la Empresa Eléctrica proveerá a la UGEC de las herramientas y conocimientos necesarios que le permitan ejecutar sus funciones de manera continua.

La reposición de equipos de los sistemas estará a cargo del Gobierno Nacional.

A la cabeza de la UGEC estará una persona (OPERADOR) que por sus labores y responsabilidades recibirá una compensación económica de \$2,00 mensuales por cada sistema instalado.

Las funciones del operador estarán centradas en aplicar mecanismos de control, promoción del uso adecuado y mantenimiento preventivo de los sistemas domiciliarios con la finalidad de lograr la sostenibilidad.

El ejecutor del proyecto promoverá ciclos de capacitación a nivel comunitario sobre el uso y operación adecuada de los sistemas y, a nivel específico con las personas que conformarán las UGEC para que manejen los documentos necesarios para llevar a cabo sus funciones administrativas y técnicas.

Instrumentos

Se proponen los siguientes instrumentos que deberán ser refrendados en Asamblea Comunitaria.

Tarifa

Cada usuario doméstico o familia a la cual se le haya instalado un sistema solar fotovoltaico aportará con \$4,00 mensuales distribuidos en \$2,00 para el pago al operador y \$2,00 para gastos por concepto de mantenimiento de la oficina. Se considera posible dicho aporte en base a lo decidido en asamblea comunitaria. El aporte económico mencionado, es menor al actual en el que incurren las familias por concepto de iluminación de sus viviendas, el detalle se lo presenta a continuación.

Contratos y reglamentos

Para el funcionamiento de la UGEC se establecerá un reglamento y manual de funciones a cargo del ente ejecutor del proyecto y bajo la supervisión y aprobación de la Empresa Eléctrica. Se asume que estos mecanismos de gestión servirán también para la participación de las instancias de supervisión local.

La unidad operativa desarrollará sus funciones y responsabilidades bajo un apropiado marco legal y con criterios técnicos, los mismos que serán proporcionados en el desarrollo del proyecto por el ente ejecutor.

Las relaciones entre los distintos actores quedarán reguladas mediante los siguientes contratos que figuran en el Anexo B.4:

- Contrato de prestación de servicios de los técnicos de la UGEC
- Convenio de uso de los sistemas por parte de los beneficiarios
- Condiciones de uso de los sistemas
- Convenio de aprovisionamiento de sistemas a la comunidad

Tecnología	Potencia [kW]	Energía generada [kWh/día]	Costo inversión inicial	Costo reposición	Costo mantenimiento	Ventajas	Inconvenientes	Impacto social	Impacto ambiental
Sistemas fotovoltaicos individuales	7,9kW	14.150kWh	0,76	0,81	0,29	Modular Fácil mantenimiento Puede financiarse por completo por CONELEC	Pequeña potencia Energía suministrada es limitada	Positivo	Bajo
	23kW	41.850kWh	0,76	0,81	0,20	Modular Fácil mantenimiento	Requiere 2 financiadores	Positivo	Bajo
Sistema fotovoltaico centralizado fotovoltaiico-diesel	6,3kW FV 5kW diesel	11320kWh	0,94	0,69	0,67	Modular Fácil mantenimiento Puede financiarse por completo por CONELEC	Dependencia parcial de combustibles fósiles Coste muy elevado Energía suministrada es limitada	Positivo	Bajo
	18,6kW FV 20kW diesel	33480kWh	0,75	0,81	0,50	Modular Fácil mantenimiento	Requiere 2 financiadores Coste elevado	Positivo	Bajo
Extensión Red Eléctrica	25kW	14.150kWh	1,52	0	0,46	No hay limitación en energía suministrada	Requiere 2 financiadores El mantenimiento depende de la empresa eléctrica	Positivo	Alto
	25kW	41.850kWh	0,63	0	0,16	Coste más barato No hay limitación en energía suministrada	Requiere 2 financiadores El mantenimiento depende de la empresa eléctrica	Positivo	Alto

Tabla 42. Comparativa entre distintas opciones de electrificación.

4.1.5 Taller de acción

Paso 20. Presentación y discusión de los resultados

El equipo de coordinación del DRP procedió a presentar en asamblea comunitaria los resultados del estudio previo de viabilidad. Tras un debate y reflexión entre los habitantes de la comunidad adoptan las siguientes decisiones:

- Aprobar como solución tecnológica para proveer del servicio eléctrico los sistemas fotovoltaicos individuales.
- Aprobar que los sistemas provean de la demanda eléctrica básica porque la tarifa es más económica y asequible que la tarifa media.
- Aprobar el modelo de gestión propuesto incluyendo el esquema tarifario, los contratos, reglamentos y compromisos asociados.

Y plantean las siguientes modificaciones:

- Descartar el sistema de bombeo puesto que requeriría de financiación extraordinaria y puesto que no es una necesidad prioritaria prefieren que toda financiación extra se utilice en otras necesidades de la comunidad antes que en ésta.
- Aumentar los sistemas individuales en 5 sistemas más en previsión de que el número de familias aumentará en esa misma cantidad debido a nuevos matrimonios y nuevas incorporaciones a la comunidad en el año en curso.

Paso 21. Plan de acción

Contemplando el escenario de que el proyecto pueda ser financiado con fondos del CONELEC se diseñó el siguiente plan de acción para la dotación del servicio eléctrico:

ACTIVIDADES	RESPONSABLES	FECHAS											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Estudio de viabilidad final	Grupo de coordinación												
Estudio de financiación proyecto	CONELEC												
Licitación concurso	Empresa eléctrica												
Estudio de línea de base	Grupo de coordinación												
Talleres de organización y capacitación	Grupo de coordinación												
Instalación de sistemas fotovoltaicos	Ejecutor proyecto												
Firma de contratos y reglamentos	Grupo de coordinación												
Talleres de capacitación	Grupo de coordinación												
Fiesta de inauguración	Comunidad												

Tabla 43. Plan de acción servicio eléctrico comunidad 24 de Mayo.

4.2 Estudio de viabilidad final

4.2.1 Ingeniería

Se procede a realizar el diseño de ingeniería final partiendo de la base de que en el taller de acción, y a partir del estudio de viabilidad realizado por el equipo del DRP, la comunidad decide en asamblea por la alternativa tecnológica de sistemas solares fotovoltaicos individuales para cada vivienda y para los servicios comunitarios:

- 35 viviendas
- 1 casa comunal
- 1 escuela

Dado que en Ecuador no existe una normativa específica para sistemas fotovoltaicos, se utilizará el Estándar Técnico Universal para Sistemas Fotovoltaicos Individuales.

Cada sistema fotovoltaico individual presenta un esquema general que comprende los siguientes componentes, cuyas hojas técnicas son parte del Anexo B.2:

- Un **generador fotovoltaico** compuesto por uno o más módulos fotovoltaicos, los cuales están interconectados para conformar una unidad generadora de corriente continua.
- Una **estructura soporte** metálica para el generador fotovoltaico.
- Un **acumulador** compuesto por baterías para almacenar la energía.
- Un **regulador de carga** para prevenir excesivas descargas o sobrecargas de la batería.
- Un **inversor** para transformar la corriente continua provista por el generador a corriente alterna que alimenta a las cargas.
- Las **cargas** (luminarias, radio, TV/DVD, cargador de pilas, etc.).
- El **cableado** (cables, interruptores, elementos de protección, accesorios y cajas de conexión).

Los cálculos técnicos de dimensionado de los sistemas fotovoltaicos según el servicio para el que serán utilizados se encuentran adjuntos en el Anexo B.2. Los esquemas eléctricos de cada servicio se incluyen en el Anexo B.6.

Descripción del equipamiento

Módulos fotovoltaicos

Según el servicio energético a satisfacer, se conectarán dos o más módulos en serie o paralelo. Los criterios para la selección de la marca y modelo han sido:

- Módulo cristalino diseñado para aplicaciones de aislada (tensiones adecuados para el voltajes nominales típicos del banco de baterías)
- Tamaño reducido y manejable que permita un fácil transporte a caballo
- Mejor rendimiento frente aumentos en la temperatura de operación
- Mejor garantía limitada frente a defectos de fabricación
- Una garantía de producción que asegure que la potencia en condiciones STC no caerá más de un 20% en los primeros 10 años ni más de un 20% en los primeros 20 años de funcionamiento.

- Fabricante de larga trayectoria y prestigio, que permita tener la seguridad de que se podrá reclamar las garantías durante los 20 años de vida útil del proyecto.
- Marco robusto de aluminio anodizado
- Vidrio templado de alta resistencia ante impactos e inclemencias del tiempo
- Cables de conexión incluidos para reducir tiempos de montaje
- Cumple la certificación IEC61215

Estructura soporte

Los módulos fotovoltaicos se colocarán en una estructura fija de acero galvanizado o aluminio que le den estabilidad estructural. Se dispondrán de tal forma que los módulos presenten una orientación perfecta a la línea ecuatorial y una inclinación de 10°. La estructura elegida se anclará sobre cimentaciones de hormigón calculadas para evitar el vuelco de la estructura por la acción del viento.

Acumuladores

Las baterías se han diseñado para garantizar una autonomía de 3 días en todos los sistemas, suponiendo que el ciclo de descarga diario es de 4 horas y que la profundidad de descarga máxima es del 50%. En el sistema de escuela y casa comunal se colocarán las baterías en paralelo para que el voltaje sea de 12V.

Serán de plomo-ácido y del tipo selladas libres de mantenimiento, con el fin de simplificar las tareas de mantenimiento. Serán instaladas en un lugar ventilado y a una distancia máxima de 1 metro del regulador y del inversor, con el fin de reducir al máximo las pérdidas de energía.

Reguladores

Se trabajará con dos reguladores diferentes: de 20A para viviendas y casa comunal y otro de 40A para la escuela. Ambos tipos no permitirán una descarga de las baterías mayor del 50%, lo que es fundamental para que según el consumo estimado, el sistema pueda garantizar una vida útil más larga para las baterías. Los reguladores dispondrán de indicadores luminosos que servirán para indicar a los usuarios el estado de carga de las baterías.

La salida de continua se utilizará solo para alimentar el circuito de continua y no deberá conectarse nunca al inversor, puesto que la demanda de corriente de las cargas de alterna es mayor que la intensidad nominal que puede soportar el regulador.

Inversores

Los inversores se han seleccionado para que puedan aguantar el mayor pico de potencia que se puede dar en el circuito con las cargas que se han determinado. Además deberán contar con un dispositivo de regulación de la carga y sobredescarga de la batería, puesto que irán conectados directamente a la misma. En el caso de la escuela se ubicarán dos inversores: uno de ellos atenderá al circuito al que van conectados los ordenadores y el otro al resto de cargas de alterna.

Protecciones

Interruptores automáticos protegerán el tramo del generador al regulador, del regulador a las baterías, de las baterías al inversor, de las cargas de continua al regulador y de las

cargas de alterna al inversor. Un interruptor diferencial ubicado a la salida del inversor protegerá a las personas de descargas en el circuito de alterna.

Conexión a tierra

Habrà una línea de tierra que desde una pica de tierra enterrada junto a la estructura soporte de los módulos, conectará con la estructura misma, el regulador, inversor, varistor y distintos tomacorrientes.

Gabinete

Al interior de la vivienda se colocará un gabinete de PVC o policarbonato el cual contendrá los siguientes componentes: regulador, inversor, varistor, interruptores automáticos y repartidores. El gabinete deberá estar situado en un lugar de fácil acceso y resguardado del polvo y la humedad.

El regulador instalado en ella, deberá ser accesible y visible desde el exterior del gabinete para indicar el estado de carga de la batería.

El gabinete tendrá aberturas laterales para permitir la circulación de aire, pero no de insectos como mosquitos y arañas que son muy comunes en la zona y pueden estropear los equipos.

Instalaciones eléctricas interiores

Se realizará las instalaciones eléctricas interiores para el servicio de los puntos de iluminación y de tomacorrientes. Un circuito partirá desde el interruptor automático de CC a los distintos focos de continua. Otro circuito parte será para las tomas de corriente de las cargas de alterna.

Los cables deben asegurarse a las estructuras de soporte o a las paredes, para evitar esfuerzos mecánicos sobre otros elementos de la instalación eléctrica (cajas de conexión, balastos, interruptores, etc.).

Los cables deben graparse a las paredes, a intervalos adecuados, para asegurar su posición vertical y horizontal.

DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS SEGÚN SERVICIO			
Servicio	Equipo	Cantidad	Descripción
Vivienda	Panel Solar	2	Módulo monocristalino de 87W
	Regulador	1	Corriente nominal 20A Tensión nominal 12V
	Batería	1	Plomo-Ácido Tensión nominal 12V Capacidad: 200Ah (C10)
	Inversor	1	Potencia nominal: 180W Potencia máxima: 350W Relación tensiones: 12V CC - 120V CA Frecuencia: 60Hz
	Luminarias	3	Potencia: 11W Tensión: 12V CC
	Kit de instalación	1	Estructura soporte, gabinete, cableado, fusibles, interruptores automáticos, varistor, interruptores, tomacorrientes, toma de tierra
Escuela	Panel Solar	4	Módulo monocristalino de 87W
	Regulador	1	Corriente nominal 40A Tensión nominal 12V
	Batería	2	Plomo-Ácido Tensión nominal 12V Capacidad: 200Ah (C10)
	Inversor	1	Potencia nominal: 180W Potencia máxima: 350W Relación tensiones: 12V CC - 120V CA Frecuencia: 60Hz
	Inversor	1	Potencia nominal: 350W Potencia máxima: 700W Relación tensiones: 12V CC - 120V CA Frecuencia: 60Hz
	Luminarias	4	Potencia: 11W Tensión: 12V CC
	Kit de instalación	1	Estructura soporte, gabinete, cableado, fusibles, interruptores automáticos, varistor, interruptores, tomacorrientes, toma de tierra

Casa comunal	Panel Solar	3	Módulo monocristalino de 87W
	Regulador	1	Corriente nominal 20A Tensión nominal 12V
	Batería	2	Plomo-Ácido Tensión nominal 12V Capacidad: 200Ah (C10)
	Inversor	1	Potencia nominal: 350W Potencia máxima: 700W Relación tensiones: 12V CC - 120V CA Frecuencia: 60Hz
	Luminarias	4	Potencia: 11W Tensión: 12V CC
	Kit de instalación	1	Estructura soporte, gabinete, cableado, fusibles, interruptores automáticos, varistor, interruptores, tomacorrientes, toma de tierra

Tabla 44. Equipamiento por sistema fotovoltaico según servicio.

4.2.2 Estudio económico y financiero

Partiendo del diseño de los sistemas, se describen a continuación los costes totales del equipamiento:

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Módulo Solar	Módulo monocristalino de 87W	77	182,00	14.014,00
Regulador	Corriente nominal 20A Tensión nominal 12V	30	85,00	2.550,00
Regulador	Corriente nominal 40A Tensión nominal 12V	1	143,00	143,00
Regulador	Corriente nominal 20A Tensión nominal 12V Data logger	6	127,00	762,00
Batería	Plomo-Ácido Tensión nominal 12V Capacidad: 200Ah (C10)	39	375,00	14.625,00
Inversor	Potencia nominal: 180W Potencia máxima: 350W Relación tensiones: 12V CC - 120V CA Frecuencia: 60Hz	36	125,00	4.500,00
Inversor	Potencia nominal: 350W Potencia máxima: 700W Relación tensiones: 12V CC - 120V CA Frecuencia: 60Hz	2	170,00	340,00
Luminarias	Potencia: 11W Tensión: 12V CC	113	11,00	1.243,00
Kit de Instalación	Estructura soporte, gabinete, cableado, fusibles, interruptores automáticos, varistor, interruptores, tomacorrientes, toma de tierra	37	280,00	10.360,00
Subtotal Equipamiento				48.537,00

Tabla 45. Equipamiento por sistema fotovoltaico según servicio.

El presupuesto total del proyecto es el siguiente:

RUBRO	COSTO TOTAL
Personal	\$ 8.200,00
Equipamiento	\$ 48.537,00
Transporte + Aduanas	\$ 3.000,00
Proceso participativo	\$ 4.000,00
Sub Total	\$ 63.737,00
Gastos Operativos	10% \$ 6.373,70
SUB TOTAL	\$ 70.110,70
IVA(12%)	\$ 8.413,28
TOTAL	\$ 78.523,98
Costo total por sistema incluido el IVA es: \$ 2.122,27	

Tabla 46. Presupuesto total.

Teniendo en cuenta que el aporte del CONELEC puede alcanzar los 3.200\$ por sistema, se planteará al CONELEC utilizar la diferencia para crear un fondo de reposición que permita financiar el cambio de reguladores, inversores y baterías en los próximos años.

En la siguiente figura se puede apreciar la distribución de las distintas partidas en el coste total del proyecto, dónde se puede apreciar que la partida destinada a la aplicación de la metodología participativa supone el 6% del monto total del proyecto, una cantidad pequeña pero fundamental para asegurar la sostenibilidad del proyecto.

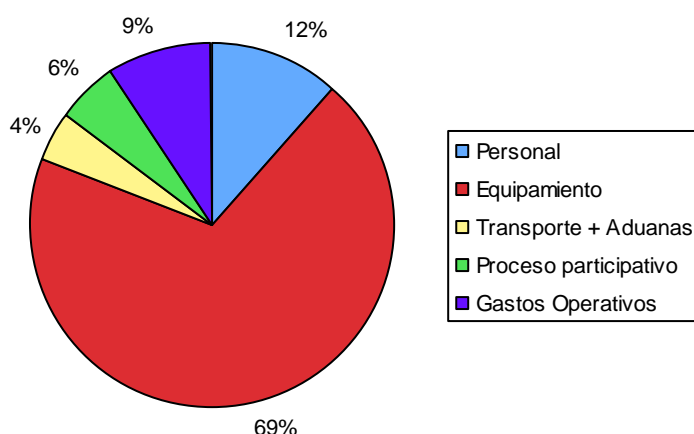


Figura 15. Costes del proyecto

4.2.3 Elaboración del documento de proyecto

El documento de proyecto se ajustará al formato establecido por SENPLADES para la presentación de proyectos de inversión y de cooperación externa no reembolsable, incluido en el Anexo B.1: Estructura para la Presentación de Proyectos de Inversión y de Cooperación Externa no Reembolsable.

En caso de que el proyecto sea rechazado, se procederá a formular el proyecto conforme a las restantes opciones de financiación que se indican en el informe final.

Capítulo 5

Conclusiones

5 Conclusiones

Los aspectos clave, descritos en la metodología participativa, que pueden incidir directamente en el éxito de un proyecto de electrificación rural mediante sistemas fotovoltaicos se pueden resumir en:

- La apropiación de los beneficiarios del proyecto de la dotación del servicio eléctrico. Es su proyecto porque han participado en su diseño, han recibido toda la información y las diferentes opciones, han tomado las decisiones, asesorados por los facilitadores de desarrollo, y en definitiva, se han convertido en promotores del proyecto, no en meros receptores de ayuda.
- La apropiación de los beneficiarios de la metodología participativa para gestionar su propio desarrollo. Cuando los beneficiarios ven que el problema del suministro eléctrico se resuelve gracias a su trabajo, se sienten más capaces de trabajar en nuevos emprendimientos. Se utiliza así la dotación del servicio eléctrico como un medio de aprendizaje y fortalecimiento comunitario, que permita a los beneficiarios emprender por su cuenta otros proyectos de desarrollo en la comunidad.
- Los técnicos de desarrollo deben adquirir nuevas capacidades y romper ideas preconcebidas que les conducen a tener un sesgo o visión distorsionada de la realidad de las comunidades rurales. A nivel técnico deben aportar soluciones tecnológicas que se adapten de forma realista. A nivel social deben ceder sus poderes de decisión a los beneficiarios y asimilar que trabajan a su servicio, lo que implica acatar las decisiones que éstos tomen.
- El diseño de los sistemas fotovoltaicos debe perseguir el funcionamiento de los mismos durante el total de años del proyecto. Esto implica no centrarse exclusivamente en la instalación de los sistemas y su correcta operación cuando los equipos son nuevos, sino tener en cuenta que el sistema debe durar más de 20 años y planificar en consecuencia la reposición de los equipos dañados, el mantenimiento correctivo y preventivo de los sistemas y cómo se van a financiar todos los gastos de operación que vayan surgiendo. Es muy importante diseñar cuidadosamente el estudio económico del proyecto y el modelo de gestión y operación.
- El coste asociado a la utilización de la metodología participativa es muy reducido en comparación al coste total del proyecto, pero es crucial en el éxito del proyecto. Por tanto, cuando se trata de reducir costes, la partida destinada a la sostenibilidad debería permanecer inalterable. Ahorrar costes en participación, implica muy probablemente que el proyecto será un fracaso

En el ejemplo de aplicación se ha podido observar cómo se puede aplicar la metodología. No hay que olvidar sin embargo, que el objeto de la metodología no es la sistematización de la información, los informes, formularios y tablas cumplimentadas. Lo que verdaderamente incidirá en el desarrollo de la comunidad es su participación activa en las distintas fases y pasos. Se debe poner por tanto, el mayor énfasis, no tanto

en la documentación del proceso, como en incentivar que los actores se involucren y se sientan animados a participar.

Las futuras líneas de trabajo deberían centrarse en:

- Difundir el uso de la metodología mediante unos cursos teórico-prácticos dirigidos a técnicos de ONGs e instituciones relacionadas con proyectos de electrificación rural.
- Incorporación de un desarrollo energético integral de la comunidad, que no solo cubra el servicio eléctrico, sino también energía para cocina, transporte y otros usos productivos.
- Adaptación de la metodología a un ejemplo macro de programa de electrificación rural a nivel estatal
- Desarrollar un modelo de estudio económico y social que tenga en consideración el valor de la preservación ambiental, la autonomía energética y el fortalecimiento organizativo comunitario.

Referencias bibliográficas

Referencias bibliográficas

- [1] “*World Energy Outlook 2010*” International Energy Agency. 2010
- [2] Nieuwenhout F.D.J. “*Experience with Solar Home Systems in Developing Countries: A Review*”. et al. *Progress in Photovoltaics: Res. Appl.* 9:455-474.
- [3] Rodríguez Sosa, Jorge. “*Evaluación de proyectos de desarrollo local. Enfoques, métodos y procedimientos*” Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo, 2007
- [4] Expósito, Miguel. “*Diagnóstico Rural Participativo*” Centro Cultural Poveda. 2003
- [5] Santos Pérez, Francisco Javier. “*Metodología de ayuda a la decisión para la electrificación rural apropiada en países en vías de desarrollo*” 2003
- [6] Díaz Villar, Pablo. “*Confiabilidad de los SF autónomos: aplicación a la electrificación rural*” 2003
- [7] Arriaza, Hugo. “*Metodología para la inclusión de variables sociales en la formulación, ejecución y administración de proyectos de Energía Rural*” 2005
- [8] Contreras, Armando. “*Los métodos del diagnóstico rural rápido y participativo*” 1998
- [9] Lorenzo, E. “*La electrificación rural fotovoltaica en el ámbito de la cooperación*” Instituto de Energía Solar. 1999
- [10] Fuentes, Manuel. “*Modelos de electrificación rural dispersa mediante energías renovables en América Latina*” 2004
- [11] Expósito, Miguel. “*Preparación y ejecución de talleres de capacitación. Una guía práctica*”. Centro Cultural Poveda. 1999
- [12] Geilfu, Frans. “*80 herramientas para el desarrollo participativo*” Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 2009
- [13] Warkins, Kevin. “*Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008 La lucha contra el cambio climático. Solidaridad frente a un mundo dividido*” Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2008
- [14] “*Guía básica sobre cambio climático y cooperación al desarrollo*” Fundación IPADE. 2006
- [15] “*Cómo salvar el clima*” Greenpeace. 2009
- [16] “*Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*” IPCC. 2007
- [17] “*Informe sobre desarrollo mundial*” Banco Mundial. 2010
- [18] “*Energy Poverty. How to make modern energy access universal?*” International Energy Agency. 2010
- [19] Quijano Calle, Ana María. “*Guía para el diagnóstico local participativo: componente comunitario de la estrategia AIEPI*” Organización Panamericana de la Salud. 2005

- [20] *"Objetivos de desarrollo del Milenio. Informe 2010"* Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. 2010
- [21] Anyaegbunam, Chike . *"Manual Diagnóstico participativo de comunicación rural"* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2008
- [22] Enrique Velo. *"Servicios básicos y desarrollo en entornos rurales deprimidos"* Ingeniería Sin Fronteras. 2007
- [23] Emiel J.W. van Sambeek. *"Catalogue of energy interventions - Overview of key energy interventions in the DEA partner countries"* European Commission Intelligent Energy Europe COOPENER Programme. 2007
- [24] Muñoz Cano, Javier . *"Recomendaciones sobre el uso de corriente alterna en la electrificación rural fotovoltaica"* Tesis Doctoral. 2004
- [25] Rodríguez Sosa, Jorge. *"Evaluación de proyectos de desarrollo local. Enfoques, métodos y procedimientos"* Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo. 2007
- [26] *"Estrategia de Cooperación Universitaria al Desarrollo"* Comité Español Universitario de Relaciones Internacionales – Comisión delegada de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE) 2000
- [27] Aubel, Judi. *"Manual de evaluación participativa del programa"* Child Survival Technical Support. 2000
- [28] Instituto de Energía Solar. *"Universal Technical Standard for Solar Home Systems"*. Joule-Thermie programme. European Comission. 1998
- [29] Antony, Falk. *"Fotovoltaica para profesionales. Diseño, instalación y comercialización de plantas solares fotovoltaicas"* Solarpraxis. 2006
- [30] *"Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo"* Ingeniería Sin Fronteras. Editorial IEPALA. 1999
- [31] *"Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red"* IDEA. PCT-A-REV - febrero 2009

Anexos